

**Debreceni Egyetem
Informatikai Kar**

GÉPI LÁTÁSON ALAPULÓ ÖNVEZÉRELT ROBOT

Témavezető:
Dr. Hajdú András
egyetemi adjunktus

Készítette:
ifj. Ungvári Antal
programtervező matematikus

Debrecen
2009

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	7
2. Az állatok és a robotok látási technikái.....	10
2.1. Ahogyan a méhek látnak – azaz a rovarok érzékelése.....	10
2.2. A színekpen (spektrumon) túl.....	12
2.2.1. Madártávlatból – a madarak érzékelése.....	12
2.2.2. Kígyó szemek – a hüllők érzékelése.....	12
2.3. Látás hanghullámokkal.....	15
2.3.1. Repülő emlősök – ahogyan a denevérek látnak.....	15
2.3.2. Pillantás a test belsejébe – miként érzékelnek a delfinek.....	16
3. Az állatok és a robotok tájékozódási technikái:.....	18
3.1. A tájékozódás alapjai.....	18
3.2. A nap nyomában.....	20
3.3. Mágneses vonzás.....	23
3.4. Víz alatti kalandozás.....	25
4. Hardver.....	28
4.1. A robot jellemzői.....	28
4.2. A meghajtás.....	30
4.3. A kommunikáció, érzékelők.....	31
4.4. A kommunikációs feldolgozó és a mechanikai vezérlő szerepköre.....	33
4.5. A teljesítmény.....	34
4.6. Összehasonlítás más hardverrel.....	36
4.7. A robot felépítése.....	39
5. Funkcionalitás.....	41
5.1. A megvalósított eljárások.....	41
5.1.1. Geometriai transzformáció.....	42
5.1.1.1. Forgatás.....	42
5.1.1.2. Tükrözés.....	42
5.1.1.3. Nyújtás, döntés.....	43
5.1.1.4. Nyírás.....	43
5.1.1.5. Eltolás.....	44
5.1.2. Színkezelés.....	44
5.1.2.1. Fényerő és kontraszt.....	44
5.1.2.2. Árnyalat, telítettség és fényerő.....	45
5.1.2.3. Színegyensúly.....	46
5.1.2.4. Színcsere.....	47
5.1.2.5. Szintrevágás.....	48
5.1.2.6. Csatornakeverés.....	49
5.1.2.7. Egyebek.....	50
5.1.3. Torzítás csökkentés.....	51
5.1.3.1. Lencse korrekció.....	51
5.1.3.2. Lencse-fényfolt.....	54
5.1.3.3. Fényhatás.....	56
5.1.3.4. Árnyék csökkentése.....	58
5.1.4. Zajsűrés.....	59

5.1.4.1. Foltatlanítás.....	60
5.1.4.2. Por és karcolás eltávolítása	61
5.1.4.3. Közép (medián).....	61
5.1.4.4. Zajcsökkentés.....	62
5.1.5. Elmosódás csökkentés.....	63
5.1.5.1. Egyszerű/összetett elmosódás csökkentés	63
5.1.5.2. Doboz elmosódás	64
5.1.5.3. Gauss elmosódás.....	64
5.1.5.4. Mozgás elmosódás	65
5.1.5.5. Sugaras elmosódás	65
5.1.6. Élesítés	66
5.1.7. Élkiemelés	67
5.1.7.1. Élhangsúlyozás	67
5.1.7.2. Izzó élek.....	68
5.1.7.3. Kontúrok kihúzása	68
5.1.7.4. Kontúrkövetés	69
5.1.7.5. Élkeresés	70
5.1.8. Felületkiemelés	70
5.1.8.1. Pecsét	70
5.1.8.2. Gipsz	71
5.1.8.3. Domborítás.....	72
5.1.8.4. Kivágás	73
5.1.8.5. Festékszedő kés.....	74
5.2. Az eljárások kombinálása neurális hálók segítségével	75
6. Szoftveres implementáció	76
6.1. Függvényspecifikációk	76
6.1.1. Geometria transzformációk	76
6.1.2. Színkezelés.....	76
6.1.3. Torzítás csökkentés	78
6.1.4. Zajszűrés	78
6.1.5. Elmosódás csökkentés.....	79
6.1.6. Élesítés	80
6.1.7. Élkiemelés	80
6.1.8. Felület kiemelés	81
6.2. Rendszerkövetelmények:	81
6.3. A robotvezérlő alkalmazás.....	82
7. Tesztelés és konklúzió.....	86
8. Irodalomjegyzék.....	89
Függelék	90
1. Függelék: Néhány képfeldolgozási eljárás végrehajtásának eredménye	91
2. Függelék: A robot kapcsolódásáról készült képernyőképek	95

Ábrajegyzék

1. ábra Kísérlet a méhek látásának vizsgálatára	10
2. ábra A vipera, az állati hő érzékelés mestere.....	13
3. ábra Különböző termál kamerák színes és szürke árnyalatos képe	13
4. ábra Egy katonai termál kamera	14
5. ábra Hőérzékelés az orvostudományban	14
6. ábra Levegőben ultrahanggal „látó” állat	15
7. ábra A denevér egyszerűsítő mechanizmusa	15
8. ábra A vakokat segítő ultrahangos készülék két különböző megjelenése	16
9. ábra A vízben ultrahanggal „látó” állat	16
10. ábra Az ultrahang vízben való felhasználása.....	16
11. ábra A 2D-s és a 4D-s ultrahang képek közötti különbség.....	17
12. ábra A GPS-t mellőző robot-repülő.....	19
13. ábra Hyperion általános robot-egység	21
14. ábra A Hyperion teljes felszereltséggel	22
15. ábra A Föld külső mágneses erővonalai	23
16. ábra A Föld belső mágneses erővonalai	23
17. ábra A tengeri denevér működése	25
18. ábra Az önjáró robot.....	28
19. ábra A robot kerekeit forgató motor	30
20. ábra A kerekeket és a kamerát elfordító motor.....	31
21. ábra A képi továbbítás alapját képező 207MW és Q1755.....	32
22. ábra A robottal való kommunikációhoz szükséges WiFi antenna.....	33
23. ábra Két különböző LEGO robot.....	37
24. ábra A ROVIO robot kezelőfelülete és a hardver.....	38
25. ábra Magyarok által készített hasonló robot (Rover)	38
26. ábra a robotrendszer felépítése	39
27. ábra A képmódosító eljárások kategóriái	41
28. ábra Geometria transzformációk kategóriái	42
29. ábra Forgatás	42
30. ábra Tükrözés	42
31. ábra Nyújtás, döntés	43
32. ábra Nyírás.....	43
33. ábra Eltolás	44
34. ábra Színkezelő módszerek	44
35. ábra Fényerő és kontraszt megváltoztatása	44
36. ábra Árnyalat, telítettség és fényerő megváltoztatása	45
37. ábra Színegyensúly megváltoztatása	46
38. ábra Színcsere paraméterei	47
39. ábra Szintrevágás paraméterei	48
40. ábra Csatornakeverés paraméterei	49
41. ábra Egyéb színmódosító módszerek	50
42. ábra Torzítás csökkentés kategóriái.....	51
43. ábra Lencsehibák korrekciójának lehetőségei	51
44. ábra Lencse-fényfolt hatásának csökkentési módja.....	55

45. ábra Különböző típusú fényforrások és azok jellemzői.....	56
46. ábra Árnyék csökkentés módja.....	58
47. ábra Zajsűrés módjai.....	60
48. ábra Foltatlanítás művelete.....	60
49. ábra Por és karcolás eltávolítás módszerének paraméterezhetősége.....	61
50. ábra Medián szűrő paraméterezhetősége.....	61
51. ábra Általános zajcsökkentő eljárás paraméterezhetősége.....	62
52. ábra Az elmosódás csökkentésének kategóriái.....	63
53. ábra Egyszerű és összetett elmosódás csökkentés alkalmazása.....	63
54. ábra A doboz elmosódás csökkentés paraméterezhetősége.....	64
55. ábra A Gauss elmosódás csökkentés paraméterezhetősége.....	64
56. ábra A mozgás elmosódás csökkentésének paraméterezhetősége.....	65
57. ábra A sugaras elmosódás csökkentésének paraméterezhetősége.....	65
58. ábra Élesítés módszerei és a maszk paraméterezhetősége.....	66
59. ábra Élkiemelési módszerek.....	67
60. ábra Az élhangsúlyozás paraméterezhetősége.....	67
61. ábra Az izzó élek paraméterezhetősége.....	68
62. ábra A kontúr kihúzó módszer paraméterezhetősége.....	68
63. ábra A kontúrkövetési eljárás paraméterezhetősége.....	69
64. ábra Az élkeresés alkalmazása.....	70
65. ábra Felületkiemelési módszerek.....	70
66. ábra Pecsét felületkiemelés paraméterezhetősége.....	71
67. ábra Gipsz felületkiemelési módszer paraméterezhetősége.....	71
68. ábra Domborítás felületkiemelés paraméterezhetősége.....	72
69. ábra Kivágás felületkiemelés paraméterezhetősége.....	73
70. ábra Festékszedő kés felületkiemelés paraméterezhetősége.....	74
71. ábra Az alkalmazás kezdőképernyője.....	82
72. ábra Az alkalmazás inicializálást követő főképernyője.....	83
73. ábra A robot státuszát mutató rész.....	83
74. ábra A robot vezérlő program menü- és gombsora.....	84
75. ábra Állapot, tesztelés, manuális vezérlés felületei.....	84
76. ábra Az értesítő panelek.....	85
77. ábra Az eredeti kép.....	91
78. ábra Izzó élek.....	91
79. ábra Kontúr követés.....	92
80. ábra Élkeresés.....	92
81. ábra Pecsét felületkiemelés.....	93
82. ábra Gipsz felületkiemelés.....	93
83. ábra Domborítás.....	94
84. ábra Kivágás.....	94
85. ábra A vevőegység tesztelése.....	95
86. ábra A robothoz való kapcsolódás.....	95
87. ábra Az akkumulátor(ok) tesztelése.....	96
88. ábra A kerék forgatók tesztelése.....	96
89. ábra A kerék fordítók tesztelése.....	97
90. ábra A kamera ellenőrzése.....	97
91. ábra A kamera fordító tesztelése.....	98
92. ábra A lencse optikai nagyítójának tesztelése.....	98

93. ábra A világítás ellenőrzése	99
94. ábra A videojel erősségének és minőségének ellenőrzése.....	99

Táblázatok

1. táblázat Frekvencia, hullámhossz, hatótávolság értékek különböző szonár rendszereknél .	26
2. táblázat A robot technikai paraméterei	29
3. táblázat A robotvezérlő alkalmazás minimális rendszerkövetelménye	82
4. táblázat A robotvezérlő alkalmazás ajánlott rendszerkövetelménye	82
5. táblázat A teszteléshez használt számítógép paraméterei.....	86

1. Bevezetés

Amikor az emberek meghallják a robot szót, első gondolatként a sci-fi filmekben, könyvekben szereplő humanoid típusú gép jut eszükbe. Ezek a robotok, gyakran gonosz szerepben tűnnek fel, az emberiség elpusztítására törekszenek. Ezzel szemben a való életben, a robotok az embereket segítik: ezekkel a gépekkel rendszerint olyan munkákat végeztetnek, amelyek túl veszélyesek vagy túl nehezek az ember számára (például nukleáris hulladék megsemmisítése) vagy egyszerűen túl monoton, de nagy pontossággal végrehajtandó feladat, ezért egy robot sokkal nagyobb biztonsággal képes elvégezni, mint az emberek (például a járműgyártás területén). A robot egy elektromechanikai szerkezet, amely előzetes programozás alapján képes különböző feladatok végrehajtására. Lehet közvetlen emberi irányítás alatt (mint a Space Shuttle robotkarja), de önállóan is végezheti a munkáját egy számítógép felügyeletére bízva.

A mobil robotok egyik fontos kívánalma az autonóm navigáció. Erre számos számítási módszer használható, mint a Fuzzy-rendszerek vagy megerősítéses tanuláson alapuló algoritmusok. A diplomamunka tárgya az, hogy egy mono látást használó valódi robot segítségével bemutassa miként nyerhetők megfelelő képi információk a vezérléshez. Az így nyert információk alapján megvalósított vezérlés célja a robot viszonylag sík terepen történő, akadályok közötti, ütközésmentes navigációja. A navigáció célja a robotot bármely pontból indítva, egy előre meghatározott célterületre és irányba eljuttatni.

A környezetet a rendszer egy kamera használatával térképezi fel. A vezérlő rendszer az így szerzett vizuális inputból különböző képfeldolgozási módszerekkel nyert információk, illetve a robot helyzete alapján határozza meg a robot kerekeinek elfordítását, hogy az a megfelelő irányba mozduljon el. A diplomamunka célja nem az, hogy a robot neurális hálózat alapú navigációs vezérlő rendszer megvalósításán keresztül, valamint különböző útvonal keresési algoritmusok segítségével megtalálja a legrövidebb, megfelelő utat, hanem hogy a minél jobb vezérlés eléréséhez a navigáció alapjául szolgáló képi információkat a kamerából érkező képekből a leginkább megfelelő képfeldolgozási módszerekkel kinyerje. Egy erre épülő navigáció segítségével elérhető, hogy a robot a célhoz vezető úton ne ütközzön akadályba, oda biztonságosan eljusson, miközben az ember, mint megfigyelő bármikor beavatkozhat, akár a robottól jelentős távolságból is.

A diplomamunka részét képezi –demonstrációs célból– egy olyan robot-kocsi megépítése, amely az előbbiekre támaszkodó egyszerű navigáció segítségével képes önmagát vezé-

relni, így képes bejárni egy ismert, vagy felderíteni egy addig ismeretlen területet. Ez a robot nem a hétköznapi értelemben vett munkavégzésre hivatott, hanem egy általános minden felderítő robot által elvégzendő feladatra: a biztonságos közlekedésre, amely felszerelhető speciális tevékenységek elvégzésére alkalmas eszközökkel, ideértve különféle érzékelő és analízáló eszközöket. Ilyen felderítő robotokkal találkozhatunk olyan helyeken, amelyeket nehéz, vagy veszélyes megközelíteni (pl.: szűk barlangok felderítése, földrengésben összeomlott épületek maradványaiban túlélők után való keresés, űrkutatásban használt terület-feltérképezés, csővezetékek átvizsgálása, stb. során). Ezek egységes jellemzője, hogy a látott vizuális jeleket közvetlenül, vagy feldolgozás után megosztja az emberekkel.

Lényeges, hogy az információ megosztás az emberekkel a felderítés után, vagy közben vezetéken, illetve rádióhullámokkal történik. Az előbbi esetben a feltérképezés közben a robot rögzíti az információkat, majd az emberhez visszatérve átadja, vagy valamilyen médiumon továbbítja azokat; az emberi interakcióra így a művelet közben nincs lehetőség. Az utóbbi egy technikailag is fejlettebb megoldást kíván meg, ugyanis a továbbítás problémáját meg kell oldani, ezért majdnem minden esetben kis távolság esetén az interferencia elkerülése végett vezetékes megoldásokat használnak, mely további előnye, hogy ezen keresztül a robot elektromos ellátását is meg lehet oldani. Ennek legnagyobb hátránya, hogy a robot mind távolságban, mind a vezeték miatt mozgásban erősen korlátozott. A rádiós megvalósítás esetén lehetőség van a feldolgozás továbbítás utáni elvégzésére, így a robot vezérlése közvetve a távolban lévő feldolgozó egység által történik, így mentesítve a robotot a nagy mennyiségű számítástól, ezzel megkímélve a robot telepeit, és a számítógép hiányával csökkentve a robot által hordozott tömeget, illetve a robot méretét. A vezetékes megoldás esetében –a tömeg és a méret csökkenthető ilyen módon, de a robotnak a vezetéket akkor is húznia kell maga után, így ezzel a módszerrel nem sokat nyernek,– ezt a megoldást nem használják, helyette a távoli emberi vezérlést alkalmazzák.

A diplomamunka is egy olyan felderítő robot köré épül fel, ahol a robot, csak egy manipulátor, egy 4 kerekű, kerekenként függetlenül vezérelhető önjáró robot-kocsi. A vezérlést egy távoli számítógép végzi, ezek pedig vezeték nélkül kommunikálnak egymással. A kommunikációhoz szükség van egy a robottól érkező jelek fogadására és a robot számára szükséges vezérlőjelek továbbítására szolgáló adó-vevő egységre. Ez a megoldás jól használható, ha a robot és a feldolgozó számítógép közel helyezkedik el egymáshoz, de az űrkutatásban már nem, mivel mire a jel megérkezik a robothoz, lehet hogy az már egy szakadék mélyén helyez-

kedik el. A megoldás, hogy az űrben a dokkoló állomáson helyezik el a feldolgozó eszközt, és az sugározza a Földre a kinyert információkat. Növelhető a távolság a földi felhasználás esetében is, ha az adó-vevő egységet egy megfelelő gyorsaságú internet végponthoz tudjuk csatlakoztatni, akkor eltűnik a Földön a robot és a feldolgozó egység közötti távolságkorlát.

A számítógép használata azért hasznos, mert a nagy számítási kapacitás érdekében a nagymértékű párhuzamosítás használatával a feldolgozás során a számítógép videokártyájának grafikai processzorát felhasználva, jelentősen gyorsítható a feldolgozás, így csökkenthető a reakcióidő, nincs szükség a feldolgozás gyorsítását végző célhardver építésére. Másik előny, hogy a követés, az emberi beavatkozás lehetősége, és a robotot vezérlő „kontroller” integrálható egy alkalmazásba. A kontroller a robot jelenlegi állapota és az emberi utasítás alapján határozza meg a beavatkozó kerékvezérlő jeleket, melyeket a robot vezérlésszerűen kap meg, visszacsatolás nélkül.

Ennek a robot-rendszernek az előnye és újszerűsége az, hogy az ember távolról vezérelheti szilárd felületen szinte korlátlan mozgó robotját, miközben az állandó információkkal kap a robottól (képet, állapotinformációkat). Az emberi kiadja az utasítást, a robot elvégzi azt, miközben vigyáz saját és környezete épségére. A robot sok új képességgel rendelkezik, ilyen a kamera változtatható optikai nagyítása, vagy a robot helyben való megfordulása. A kamera képén lehetőség van számtalan képfeldolgozási művelet végrehajtására. Az újdonságok sorát erősíti az is, hogy a megfelelő eljárások kiválasztását és paraméterezését mesterséges neurális háló segítségével automatikusan végi, majd hajtja végre azokat. Az így nyert információkkal a robot sokkal pontosabban navigálható.

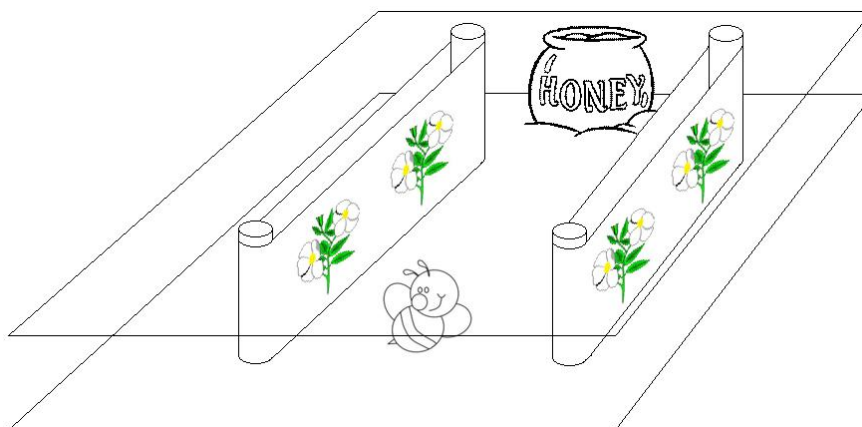
2. Az állatok és a robotok látási technikái

Egy robot megépítésekor számtalan kérdéssel szembesülünk: a mechanikai, és vezérlési problémákon túl például, hogy milyen legyen a „látása”, vagy éppen hogyan tájékozódjon. A természet a maga tökéletességével, és hosszú múltra visszatekintő tapasztalatával, messze felülmúlja az emberi kreativitást. A fent említett utolsó két kérdés megoldására a természetben létező valamelyik technikát használjuk. Kezdve a legegyszerűbb állatoktól, a legbonyolultabbig, a látás, és tájékozódás legkülönbözőbb formáival találkozhatunk. Akár a rovarokra, vagy akár az emlősökre gondolunk, rendelkeznek a látás és tájékozódás képességével. Nyilván az agyuk kapacitása, és az idegsejtjeik száma is nagyban eltér, így a szervezetük teljes funkcionalitásának vezérlésére fordított sejtjeik száma is lényegesen kevesebb a „fejletlenebb” rovarok esetén. Gondoljunk arra, hogy a méhek mozgása a végtagjaikon túl –ideértve sok más testrészüket–, még a szárnyuk mozgásának kontrollálására is kiterjed, és minderre jóval kevesebb idegsejt áll rendelkezésre, mint az emlősök esetében. Legtöbb érzékünk közül a látás szolgálja legjobban a túlélést. Az állati technikák másolásával igyekszünk testünkről, illetve környezetünkről minél pontosabb, részletesebb képi információt nyerni.

2.1. Ahogyan a méhek látnak – azaz a rovarok érzékelése

Ha tanulni akarunk a természettől, akkor a legegyszerűbb dolgokat érdemes vizsgálni. A házi légy kb. 10 ezer, míg a házi méh hozzávetőlegesen 1 millió idegsejttel rendelkezik. Ezen egyszerű tény miatt, a gépi látáshoz a legcélszerűbb, és legegyszerűbb a rovarok látását használni.

Egy nagyon egyszerű kísérletet végeztek a tudósok:



1. ábra Kísérlet a méhek látásának vizsgálatára

Egy doboz tetejét lezárták egy üveglappal, míg az oldalán lévő két görgőt egymásnak ellentétesen forgatják, hogy a belső oldalukon lévő képek mindig egyirányba mozogjanak (1. ábra). A méheket csalogatja az út végén lévő méz illata. Vizsgálták, hogyan hat a méhekre a futószalag mozgatása a méhek haladási irányába, illetve annak ellentétesen. Azt tapasztalták, hogy az ellenkező irányba mozgó „táj” a méhek mozgását lelassította, ugyanis túl gyorsnak érzékelték a környezetet. Ha azonos irányba mozgatták, a sebességüket megnövelte, a környezet túl lassúnak bizonyult.

A méhek összetett szemmel rendelkeznek. Túl közel helyezkedik el a két szem egymáshoz, ezért nincs térlátásuk, így inkább a mozgásra figyelnek. A tájékozódáshoz, a távolság meghatározásához, a leszálláshoz a mozgás által bekövetkezett kép változását figyelik, azaz milyen gyorsan közeledik a talaj. Azt, hogy milyen gyorsan repülnek, nem tudják. Az elsuhanó világ alapján mérik fel a helyzetüket, sebességüket, és kerülnek ki az útjukban lévő tárgyakat. Az ember sztereo látása mindig azonos sebességgel való közlekedést tesz lehetővé.

A fentiekből látszik, hogy a kevés idegsejttel rendelkező rovarok is viszonylag jól látnak. A kevés idegsejt, a gépi látás esetén azt jelenti, hogy kevés feldolgozás szükséges a képi információk kinyeréséhez, amelyből következik, hogy ez egy gyors módszer, a nagy számítási kapacitású gépeink esetében. Elegendő lehet tehát a feldolgozásra egy kisebb számolási kapacitású egység alkalmazása, amely azt is jelenti, hogy annak mérete is kicsi. Gondoljunk arra, hogy a marsi jármű helyi vezérlése nagyon fontos! (A járművet sok berendezésével együtt, el kell juttatni egy másik bolygóra. Egy kisebb járművet könnyebb célba juttatni, nem is beszélve arról mennyivel könnyebben mozog a bolygó felszínén.) Ha viszont helytakarékoság céljából a vezérlést a Földről oldanák meg, mire az útjába kerülő akadály kikerülésére utasítást kapna a gép, már régen nekiment volna a tárgynak. A robot tehát önmaga tájékozódik, kerül el az akadályokat, és térképezi fel a tájat.

Nem esett szó arról, hogy az árnyékok erősen zavarhatják az érzékelt képet. Van még egy nagyon fontos dolog a rovarok látásában: a polarizált fény használata. Nem a nap helyzetét használják, hanem a fény szóródását vizsgálják. Gondoljunk itt is a világűr valamelyik más bolygóján lévő robotra. Lehetséges, hogy a robot nem is látja a Napot, vagy valamely más fényforrást, mégis a más bolygókról visszaverődött, vagy éppen a haladásával ellentétes irányból érkező fénysugarakból (, mely lehet akár a Napból érkező sugarak is) következtethet az árnyékokra, vagy esetlegesen használhatja a tájékozódásra. A robot által használt fényforrás által kibocsátott sugarak iránya a robot számára mindig ismert, ez nem jelent gondot.

2.2. A színeképen (spektrumon) túl

2.2.1. Madártávlatból – a madarak érzékelése

Egy Vörös Vércse több 100 méter távolságról lát egy teniszlabda méretű tárgyat. Ezt az érzékelési módot az emberek is felhasználták: nagy jelentősége van a csillagászati távcsöveknél, illetve űrszondáknál az űr kutatása során, ugyanis a bolygók visszaverik a csillagok által kibocsátott ibolyán túli sugarakat. A bolygók megfigyelésének erre a módszerre épülő első gyakorlati alkalmazása a Hubble űrteleszkóp volt. A Föld légköre a sugárzások többségét részben elnyeli, részben visszaveri. A látható fény jórészt átjut a légkörön, s áthatolnak rajta a nagyjából egy centimétertől néhányszor tíz méterig terjedő hullámhosszú rádió- és mikrohullámok is. E hullámoktól, valamint az infravörös sugárzás kis részétől eltekintve gyakorlatilag semmilyen más hullám nem képes a Föld felszínéig hatolni. A földi megfigyelőállomások korlátozott lehetőségein azonban felülkerekedtek a műholdak fedélzeti műszerei. Ezek ugyanis a földi légkör fölé jutva képesek az elektromágneses színeképet teljes terjedelmében vizsgálni.

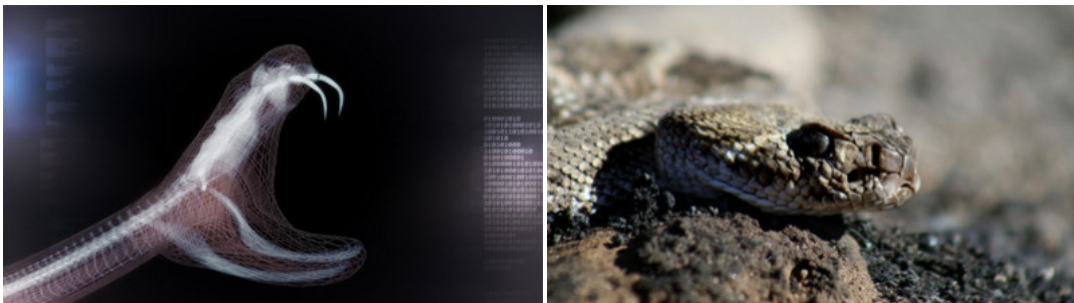
2.2.2. Kígyó szemek – a hüllők érzékelése

A hüllők közül, a Gödörkés Arcú Vipera kiemelkedően jó érzékszervekkel rendelkezik. A természetben ez a legjobb példa a hő általi érzékelésre. Az állatok megelőzték a technikát.

A csillagászatban előszeretettel használják, és a mai napig újdonságnak számít, az infravörös színtartományba eső sugarakat érzékelni képes távcsövek. Bár még csak kb. 20-25 éve használják, az eredmények alapján az űrkutatásban mindenképp ez lehet a jövő. Az első ilyen távcső a Certif (IRAS műhold) volt. Az infravörös látással a világűr mélyét kutathatjuk. A bolygók meleget bocsátanak ki, így egy érzékeny távcsővel a távoli bolygók melegét is lehet érzékelni. Ezek a távcsövek 13 milliárd fényévre elhelyezkedő bolygókat is képesek érzékelni. A távcsőnek hidegnek kell lennie, közel fagypontnak, hogy minél pontosabbak legyenek. Nem lehet a Föld és a Hold köré elhelyezni, mert ekkor túl meleg lenne, a pontos érzékeléshez. Lökjük ki a teleszkópot, amely egy idő után Nap körüli pályára áll, attól igen távol. Ez szokatlan pillantás a távoli bolygókra. A felhőkön, a viharokon, a légköri zavarokon túl, képes közvetlenül a bolygó felszínét vizsgálni.

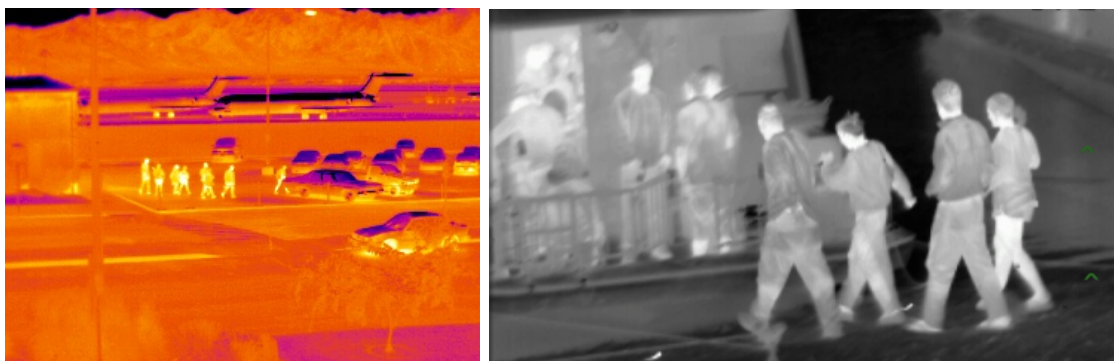
Miért is kell a fagyponti hőmérséklet? Végezzünk el egy egyszerű kísérletet! Ha ki-megyünk egy napsütéses időszakban, testünkkel is érezzük a nap melegét. Ha ugyanígy teszünk sötétedés után, nem érezzük a meleget, mert a csillagok távol vannak, és a mi hőmér-

sékletünk túl magas, hogy ezt a hőmérsékletkülönbséget a szervezetünk érzékelje. Minden tárgy sugarakat bocsát ki, melyek infravörös tartományban érzékelhetők. A tárgy elüt a háttértől, hiszen az más anyagból, vagy más távolságban helyezkedik el. A Gödörkés Arcú Vipera 3 ezred °C hőmérsékletkülönbséget is képes érzékelni, ezáltal nagyon pontos érzékelése van.



2. ábra A vipera, az állati hő érzékelés mestere

A katonaság is használja ezt a módszert (3, 4. ábra), de még koránt sincs ennyire pontos, mint a hüllők érzékelése, továbbá folyékony nitrogénnel kell hűteni az érzékelőt, hogy „megérezze” a hőmérsékletkülönbséget. Ezért is van szüksége a hüllőknek az alacsony testhőmérsékletre, mely viszonylag kis tartományban állandó. Kivételt képez a hüllők közül a vipera, mely testhőmérsékletétől függetlenül képes érzékelni a környezetét. Rendelkezik két szemmel, és a két szem alatt két hőérzékelő nyílással. A nyílásban két kis hártya helyezkedik el –, melyek az üregben védettek a környezeti hatásoktól–; ezekkel történik a tényleges érzékelés. A nyílásban a hártyákhoz erek kapcsolódnak, melyek gyorsan eloszlatják a hőt. A kutatók ennek emberi alkalmazására törekszenek. A hüllő szervezetében kiválasztott speciális fehérje irányítja az érzékelés folyamatát. Ennek a fehérjének az ismeretére, és nagy mennyiségű előállítására lenne szükség, hogy jól tudják alkalmazni ezt a módszert. Előnye, hogy nagyon pontos, és nem kell hűteni az érzékelőt. A korábbi problémákon túl, egy másik nagy gond, hogy speciális, hőre minimálisan vetemedő anyagokat kell használni, melyek a természetben erősen korlátozottan fordulnak elő, és így drágák.

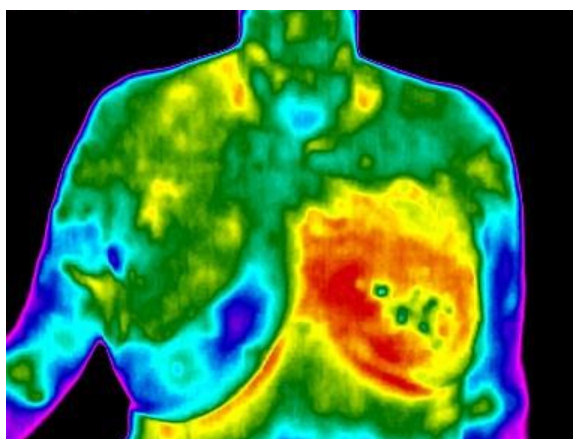


3. ábra Különböző termál kamerák színes és szürke árnyalatos képe



4. ábra Egy katonai termál kamera

Az orvostudományban ez az érzékelési módszer forradalmasítaná a betegségek felderítését. Ha nagyon pontos lenne, akkor nagyon kicsi eltéréseket is fel lehetne ismerni, így a betegségek igen korai stádiumban felismerhetők lennének. Az orvos diagnosztikában előrelépés lenne: kontraszt anyagok nélkül, akár tüszúrás megelőzésével –lehetne, manapság még igen összetettnek számító– vizsgálatokat végezni. A nagyon kicsi eltérések, emberi szemmel nem is biztos, hogy észrevehetők.



5. ábra Hőérzékelés az orvostudományban

Az elméletileg nagyon egyszerű vizsgálat során egy kép áll elő, a hőmérsékletnek megfelelő színekkel (5. ábra), a kicsi eltérés kicsi eltérés a képen is, így a diagnosztizáló elképzelhető, hogy nem is veszi észre. Megoldás a számítógéppel való elemzés, vagy a változó spektrumú színhozzárendelés: az egymáshoz közeli hőmérsékletek, jelentős távolságra helyezkedjenek el a színskálán, ezzel a nagy kontraszttal könnyebben felismerhetők az eltérések. Jelentős előrelépést jelentene a rákos daganatok kimutatásában, az érelzáródást okozó lerakódások oldhatóságának felderítésében.

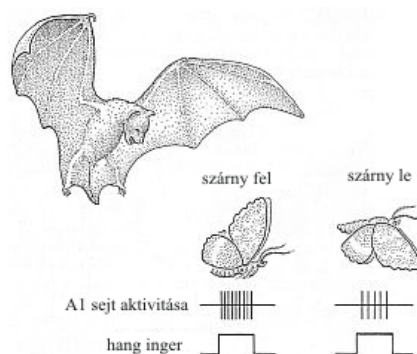
2.3. Látás hanghullámokkal

2.3.1. Repülő emlősök – ahogyan a denevérek látnak

A robotok az emberhez hasonlóan látnak. Az emberek a hangokkal kísért ingereket dolgozzák fel a leghatékonyabban. Sok primitív állat esetén néhány ezer idegsejt végzi a „látást”. Ezeknek az állatoknak vagy egyáltalán nincs fejük, vagy nincs térbeli érzékelésük, mégis igen hatékonyan használják ezt az érzékszervet –a tárgyak kikerülésére.



6. ábra Levegőben ultrahanggal „látó” állat



7. ábra A denevér egyszerűsítő mechanizmusa

A denevér (6.ábra) egy repülő állatról képes 3 méteres távolságból 3 dimenziós képet alkotni annak ellenére, hogy gyorsabban ér vissza a hang, mint ahogy az agya képes az előző visszhangot feldolgozni. Az általa használt hang frekvenciája 100 kHz, míg az agya csak 10 kHz frekvenciájú jeleket képes feldolgozni. Érezhető, hogy valamilyen megoldásra van szüksége, mivel hozzávetőlegesen csak minden 10. hullámot képes érzékelni. A megoldás nagyon egyszerű: egyszerűsít (7. ábra), és így könnyen el tudja kerülni az útjában lévő akadályt. Látható, hogy ez a 10 kHz is egy jelentős szám: 10.000 jel másodpercenként. Azon túl, hogy tudja, hogy akadály van előtte, a visszaverődött hang amplitúdójából következtethet a visszaverő tárgy anyagára. Minden tárgy valamennyi hangot elnyel, és valamennyi a felületéről visszaverődik. A visszaverődő hang amplitúdója –a felületen túl–, erősen függ a tárgy anyagától.

A robotok esetén csakúgy, mint a tengeralattjáróknál, vagy bármely folyadékban terjedő hang érzékelésére, szonárt használnak. Egyik gyakorlati alkalmazása ennek a módszernek: egy önjáró kerekesezék, amely a látásképtelen emberek számára jelent nagy segítséget. A szék egy állandó sebességgel haladó robogó. Állandó sebességre van hangolva, hogy a mozgás által keltett zavarokat minimalizálja; egy gyorsítás, vagy lassítás jelentősen befolyásolja a hanghullámok frekvenciáját. Az állandó sebességgel közlekedő jármű hangfeldolgozója, a Doppler hatást használva szinte teljesen ki tudja küszöbölni a mozgás általi zavart, és mint egy álló érzékelő által „felfogott” jelekkel tud dolgozni. További előnye az egyenletes sebesség-

nek, hogy a felületi egyenetlenség miatt adódó rezonancia is minimalizálódik. A növények mellett elhalad, bizonyos visszhangot keltenek a kibocsátott hangból, ezzel tájékozik – az automata kerekesszékek, vagy az ilyen típusú érzékelővel felszerelt robot. Az ismert jeleket kiszűri, és ezt használva kerüli ki az útjába adódó akadályokat. Jelző pontokat használnak, melyeket az ismert növények adnak. Ezek visszhangja előre eltárolt konstans jelek.



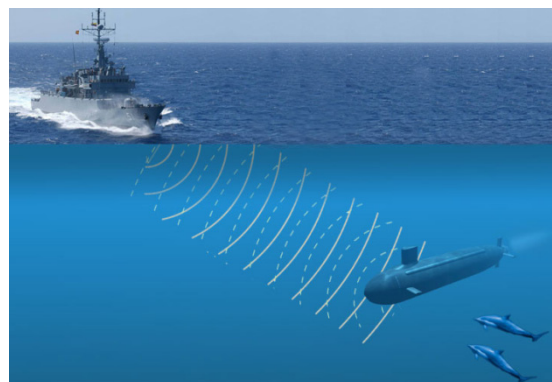
8. ábra A vakokat segítő ultrahangos készülék két különböző megjelenése

A módszer egy másik alkalmazása, egy másik lehetőséget ad a világtalanoknak: egy szonár, mely érzékeli a hangerősséget, és a hangmagasságot. A környezeti letapogatást használva képes helyettesíteni a fehér botot; a készülék neve Caspra (8. ábra). Változó hangmagasságot használva két mikrofon felfogja a visszhangot, és a fülbe továbbítja, ezáltal a tárgyakat térben tudjuk érzékelni. A közelebb elhelyezkedő hangok által keltett visszhang hatására az érzékelők magasabb frekvenciájú jelet továbbítanak a fülbe. Ahogy a fejünket mozgatjuk, térbeli képet kaphatunk a közvetlen környezetről. Hosszabb idejű használat után az alanyok képesek voltak tárgyak (személygépkocsi, fa, kerítés ember, stb.) felismerésére.

2.3.2. Pillantás a test belsejébe – miként érzékelnek a delfinek



9. ábra A vízben ultrahanggal „látó” állat



10. ábra Az ultrahang vízben való felhasználása

Magzati állapotban ultrahanggal vizsgálják a babát, és képes betegségek felderítésére is. A delfinek (9. ábra) is ultrahanggal érzékelnek, ebből adódóan nyilvánvaló, hogy a delfinek a vízben jobban látnak. A vízben lüktető hangjelzést bocsát ki, mely az ember számára nem érzékelhető, és az álkapcsa alsó részével érzékeli a visszhangot. Korlátozza az érzékelt tárgy felső méretét, ezáltal azonosítva az elfogyasztandó halat. A hang egyenletes kattogás, mely ha az érzékelő előtt tárgy van felgyorsul. Ezt használták fel az emberek is a vízben haladó járművek feltérképezésére (10.ábra).

Ma még az ultrahangos készülékek 2 dimenziósak, melyen lehet látni a magzat mozgását, és lehet méret pontos képet kapni. A delfin 8 méterről érzékel egy narancs méretű állatot, továbbá mindezt 3 dimenziósan. A tenger alját is vizsgálja, a rejtett tárgyakról 3 dimenziós képet tud alkotni: a homokban megbújó állatokat is látja. Az orvostudományban is ezt próbálják alkalmazni. A magzat szívének vizsgálatához szükség van a baba szívveréseinek számára, melyet a köldökzsinórban lévő, verőerekben áramló vér pulzusszámának mérésével kapnak. Ezzel képesek 3 dimenziós képet alkotni. Ez a módszer alkalmas például a szívbillentyűk mozgásának elemzésére. A valóságban ez 4 dimenziós képet eredményez, mely alapján 4 dimenziós ultrahangos képalkotásnak nevezték el: valós idejű térbeli képalkotást tesz lehetővé. Ezt a különbséget mutatja a 11.ábra.



11. ábra A 2D-s és a 4D-s ultrahang képek közötti különbség

3. Az állatok és a robotok tájékozódási technikái:

Földünkön az állatok vándorlása, és az emberi találékonyság nem ismer határokat. A tájékozódás titkai lassan feltáruznak a tudomány előtt. Megfigyelhetjük a *Danaida* lepkéket, a tengeri teknősöket, a bálnákat, és mindebből olyan rendszert építhetünk ki, amellyel bárhol a világon tájékozódhatunk. De vajon a madarak agyába rejtett navigációs képesség bonyolultabb, mint legjobb számítógépeink? Az állatvilágban ez nem is olyan különleges, nekünk csak az a feladatunk, hogy megfejtsük ezeknek az élő szerkezeteknek a működését, és azt egy robotban valósítsuk meg. Így kutatjuk fel a világegyetem mélyét, vagy éppen az emberi test belsejét; cél a tájékozódás titkainak felderítése.

3.1. A tájékozódás alapjai

A Nap, a Hold, és a csillagok mindig is jelentős szerepet játszottak és játszanak a tájékozódásban. Az állatok, és a hajdani tengerészek, egyaránt ezekre az örökmozgó égi tájékoztató eszközökre támaszkodtak, hogy azok felfedező útjaikon új földek felé vezessék őket. Az emberi találékonyság azután, túllépett ezen a régi módszeren, hogy a GPS, a globális navigációs rendszer révén, minden eddiginél nagyobb pontosságot érjen el. 3 vagy több műholdról érkeznek azok a rádió jelek, amelyekből bárki kiszámíthatja saját tartózkodási helyének földrajzi hosszúságát, és szélességét. Az óceánokon való navigálás most már gyerekjáték, függetlenül az időjárástól.

A déli tengerek kegyetlen hullámai között a pontos helymeghatározás életbevágóan fontos. A jövőben, egy a természettől ellesett ötleten alapuló, új műszaki eszköz fogja segíteni a vízi mentőket. A méhek rendkívül összetartóak, a hangyák közlik egymással, hogy hol a táplálékforrás, és minden vadlúd tudja, hogy merre kell repülni. Mi, ezt a sokféle érzékszervi benyomást alkalmazzuk. A vándormadarak, különböző tájékoztató tényezőket vesznek figyelembe, hogy visszatáljanak költő helyükre. Az első vonulás idején, a madárrajban repülő fiatalokat, az idősebbek vezetik. Ez a kulcsa a tájékozódásuknak, ami részben ösztönös, de főként tanult képesség. Ezt a leckét használták fel a kutatók, az ausztráliai Sydney Egyetem robotközpontjában, BAE Systems céggel karöltve. Értelmes repülő járművek egész csoportját hozták létre ugyanazzal a tanulási képességgel, ami a vándorló állatfajoknál figyelhető meg. Akik ennek a repülőgépnek a programját írták, olyan kezdeti algoritmusokra támaszkodtak, amelyek az állatok között is előfordulnak.

Nem a repülőgép az érdekes, hanem a fedélzeti számítógépek, amelyeknek a programja meghatározza, hogy mire képes a szerkezet. Egyik céljuk az volt, hogy a műholdas navigá-

ciót elkerülik. A GPS, vagyis a globális navigációs rendszer, nem mindig hozzáférhető olyan esetekben, amikor éppen szükség lenne rá: a víz alatt, vagy föld alatt nem használható, katonai szempontból pedig kikapcsolható, vagy megzavarható. Ezért mellőzték a navigációs műholdakat. Ez a repülőgép a tájképet, nem pedig a navigációs műholdakat figyeli (12. ábra). Ez a műszaki módszer meglehetősen hasonlít ahhoz, ahogyan egy ismeretlen épületben, vagy szobában tájékozódunk. Átsétálunk az ajtón, és megjegyezzük magunknak, hogy pontosan hol van az ajtó helye, de lehet ott egy ablak, vagy egy bútor is. Körülsétálunk a szobában, és tudat alatt rögzítjük a helyzetünket, ezekhez a tárgyakhoz képest. A gép fedélzetén, a számítógépek valami hasonlót tesznek.



12. ábra A GPS-t mellőző robot-repülő

A repülő a jellegzetes alakzatokat figyeli a földön, és megjegyzi helyzetüket. Amint elhalad az alakzat fölött, más tereptárgyak helyzetét is rögzíti. Így épül fel a számítógép memóriájában, környezetének térképe. Amikor visszatér ugyanarra a területre, az alakzatok alapján a repülőgép, meg tudja határozni saját helyzetét. Amikor a pilóta nélküli légi járművek új terep fölött repülnek, akkor radarral, szonárral, infravörös lézerrel, és mágneses érzékelőkkel figyelik a tereptárgyakat. Ezt az információt betáplálják a gép „agyába”, a bonyolult program pedig az adatok elemzése révén lehetővé teszi, hogy a légi jármű önállóan tájékozódjon, és térképet készítsen. A lézer arról értesíti a kamerarendszert, hogy milyen messze van a gép a céltól. Egy szokásos kamerával csak az irányszög állapítható meg, a távolság nem. Mindkét adat felhasználásával viszont, meghatározható a tárgy helyzete a terepen. Az érzékelőkből szerzett adatokat a többi repülőgéppel is meg tudja osztani, így még pontosabb térképet kap.

A rajokban repülő madarakkal is éppen ez történik, amikor bámulatos vándorútjukat teszik meg, néha egész kontinensek között. Amit egyszer ezek az állatok megtanultak, azt egészítik ki minden évben a költözés során szerzett tapasztalataikkal. A tájékozódás módjának keresésében a mérnökök, ezt a hatékony ismeretmegosztást szeretnék utánozni.

A programterv megvalósításának egy következő szakasza az lehet, hogy ha egy küldetést bízunk egy repülőgépre, akkor állítsa össze a saját térképét, érje el célpontját, és térjen vissza anélkül, hogy igénybe venné a navigációs műholdakat. Emellett nyilván cél az is, hogy ezt a térképet más légi járművekkel is közölje, amelyek azután ennek alapján hasonlóképpen tájékozódhatnak. Ha a robotrepülőgépek ugyanolyan hatékonyan tanulnak, mint az állatok, akkor ezek a csúcstechnikával működő repülőrajok, tökéletesen alkalmazhatók a vízi mentésben, a vízi balesetek túlélőinek felkutatására.

Képzeljünk el egy csoportnyi ilyen apró szerkezetet. Ezek olyan körülmények között is teljesen önálló kutatásra képesek, amelyek túl veszélyesek a helikopterek, vagy a könnyű repülőgépek számára. Ezek az önálló járművek, úgy tájékozódnak a veszélyes viharokban, hogy nem tesznek kockára még több életet. Ha egyikük észrevesz egy hiányzó jaktot, akkor valamennyi gép arra felé indul, közlik egymással a jármű helyzetének koordinátáit, és a mentésig szemmel tartják a hajót. Ezeknek a kicsi és okos repülőgépeknek a rajai, kilométerek ezreit pásztázhatják végig példátlan sebességgel és pontossággal. Ugyanakkor alkalmazási területük, nem korlátozódik a tengerre. Számos helyen lehet még munkát találni nekik, és nem feltétlenül légi környezetben, a szárazföldön is épp elég feladat akad. Robotjárműként összeomlott épületekben, vagy égő alagutakban is kereshetnek, és felkutathatnak áldozatokat. Tenyérszerű nagyságú szerkezetek alakjában, berepülhetnek a romok közé, vagy az ember számára veszélyes térségeket térképezhetnek fel. Ha a földgolyón önállóan tájékozódó, értelmes szerkezeteket építünk, akkor egy lépéssel közelebb kerülünk az önvezérelt navigációhoz, amelyre legközelebb bolygósomszédunk felszínén lesz szükség.

3.2. A nap nyomában

Az állatok és az emberek számára egyaránt a Nap a legfőbb természetes tájékozódási segédeszköz. Ahogy óramű pontossággal emelkedik fel keleten, és pihen le nyugaton, hozzá igazodik az egész élővilág. Amikor az északi féltekén a madarak észak felé tartanak, akkor tudják, hogy a Napnak délben a hátuk mögött kell lennie. Ha pedig a reggeli repüléskor jobb felől látják, akkor délután bal oldalt kell lennie, így érzékelhetik az északi útírányt. De ha felhők borítják az eget, akkor sem jönnek zavarba. Ilyenkor a légkörben elcsavarodó, vagyis polarizált napsugarak jelzik számukra, hogy a borús égen merre tartózkodik a Nap. A bonyolult számítógépek, érzékelők, és műholdas navigációs rendszerek ellenére, az emberi technika aligha veheti fel a versenyt, a madarak parányi agyának tájékozódási képességével. Az állatvilág szempontjából ez jól ki van találva. A mi feladatunk az, hogy megértsük, és dekódoljuk

működését, mert így egy robotgép is alkalmazni tudja. Kérdéseinkre az anyatermészetben találhatunk válaszokat, és nekünk csak ezeket kell lefordítani a technika nyelvére.

A planetáris robotfelderítők új nemzedékének úgy kell gondolkodnia, mint a madaraknak. Más bolygókon nincs GPS, és hiányoznak a mágneses pólusok. A Hyperion (13. ábra) nevű robot, a Napot követve ugyanúgy tájékozódik, mint a madarak. A Hyperion egy „kísérleti madár”. Lényegében egy robotikus alapegység, amellyel az újfajta tájékozódást vizsgálják, miközben megkerüli az akadályokat, és begyűjti a szükséges adatokat. A robotok jelenleg olyan pótgeológusok, amelyeket magunk helyett küldünk más bolygókra, és azt teszik, ami a mi munkánk lenne, ha a Marsra mennénk. Az idő ugyanúgy dolgozott a Marson, mint a Földön: különféle anyagok rétegeit halmozta egymásra, így keletkeztek az üledékek és a kőzetek. Ezt a változatosságot kell felderítenünk, ha át akarjuk kutatni a Marsot, és környezetét. Ezért kell megtanítani a robotnak azt is, hogy hogyan tájékozódjon, miközben óriási távolságokat tesz meg egyik tereptárgytól, a másikig. Ha csak egyhelyben topog, akkor nem érthetjük meg a Mars átfogó történetét. A Marson való közlekedéshez, igen okos robotra van szükség. Fel kell ismernie, hogy mi van előtte, és el kell kerülnie az akadályokat, mert nem túl gyakran léphetünk vele kapcsolatba a Földről. Meg kell értenie, hogy miként juthat el A pontból B pontba, úgy hogy közben ne kerüljön bajba.



13. ábra Hyperion általános robot-egység

A Hyperion aszerint tájékozódik, hogy milyen irányban van a Nap. A Marson még az árnyékos helyeket is elkerüli, hogy napelemei folyamatosan energiát kapjanak, ezért állandó felderítő tevékenységet folytat, nem béníthatják meg a rendkívül hideg marsi éjszakák. 2003-

ban tesztelték az Atacama sivatagba, amely a Föld legszárazabb helye, és sok szempontból hasonlít a Mars felszínéhez. A Hyperion-féle szerkezetekkel az a cél, hogy megteremtsék, az úgynevezett robotikus asztrobiológiát. A Hyperion úgy határozza meg saját helyzetét, hogy ügyesen kombinálja a csillagok, a Nap és a tereptárgyak irányjelzését, majd összehasonlítja ezeket a saját maga által megtett út mérési adataival. A műszer egyik sikere az volt, hogy 6 kilométer távolságot tett meg, miközben a Nappal szinkronban tájékozódott. Ez már valóban a robotok új nemzedéke.

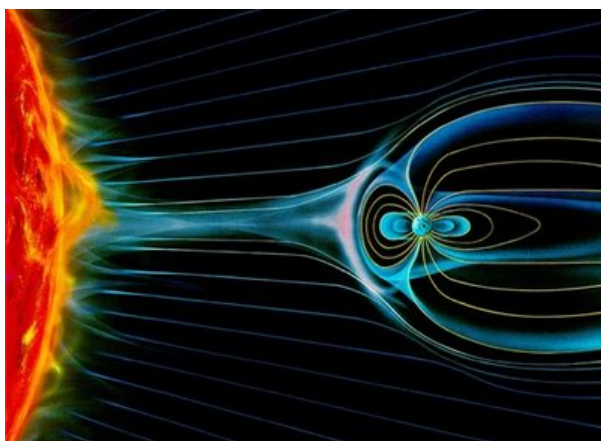


14. ábra A Hyperion teljes felszereltséggel

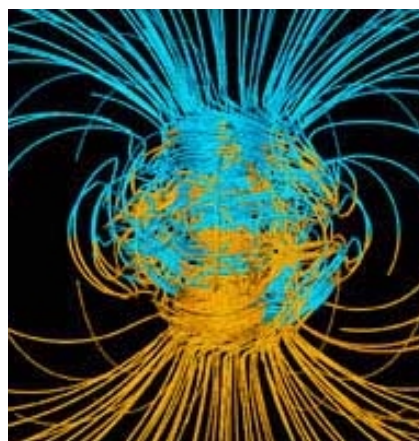
A Hyperion 2 digitális kamerát használ, mintha azok a saját szemei volnának. A kamerák által kapott képeken, egy lézersugaras letapogató keresi a várható akadályokat. Egy 3. kamera panorámaképet ad a tájról, és azt a távoli megfigyelőkhöz juttatja el. (14. ábra) A gyönyörű marsi tájkép sokban hasonlít a földi körülményekhez. Minden megtalálható a Marson, amit a Földön ismerünk, csak éppen sokkal nagyobb méretben: ősi folyók, völgyek, homokdűnék, sarki jégsapkák, vulkánok. Ez azért érdekes, mert a bolygó nagyjából fele akkora átmérőjű, mint a mi glóbuszunk. A nagy hatósugarú terepjárók, néhány kilométerrel kezdik a felderítést, majd több száz kilométert tesznek meg. Ha szerencsések vagyunk, az élet nyomait is megtaláljuk. A Hyperion navigációs képessége azt mutatja, hogy évekig tartó szívós tudományos kutatásra van szükség, mire utánozni tudjuk a földi lények természetes tehetségét. A tudomány lassanként feltárja az élővilág titkait, és a legmeghökkenőbb módon alkalmazza őket, beleértve azt a képességet is, hogy hogyan kell tájékozódni az emberi test mélyén.

3.3. Mágneses vonzás

A legügyesebb navigátorok rejtélyes módon tájékozódnak. Nem támaszkodnak sem a Napra, sem a csillagokra, de még a technikára sem. Mindig tudják, hogy hol tartózkodnak, még akkor is, ha korábban sosem jártak ott. Van ugyanis egy 6. érzékük. Az Egyesült Államok keleti partvidékén ősszel, egy különleges utazás veszi kezdetét. A Danaidák, más néven Pompás Királylepkék milliói állnak készenlétbe, hogy egy 4.000 kilométeres vándorút végén, Mexikóban töltsék el a telet. Mindegyikük arra a helyre repül, amelyet Ő sohasem látott korábban, csak az ősei. Legalább 3 nemzedék élete pereg le, mielőtt ezek a lepkék befejeznék viszontagságos költözésüket. Ezen az úton a nőtények naponta rakják le petéiket. Egyes kutatók szerint a Danaida lepkék a Nap alapján tájékozódnak, más szakemberek úgy vélik, hogy beépített mágneses iránytűt használnak. A teknősöktől a cápákon és a galambokon át a lepkékig, számos teremtmény tájékozódik a Föld mágneses erővonalainak alapján úgy, ahogyan egy iránytű is ezt a láthatatlan hálót érzékeli.



15. ábra A Föld külső mágneses erővonalai



16. ábra A Föld belső mágneses erővonalai

A mágneses erővonalak (15, 16. ábra) nagyjából az északi és a déli sarkról kiindulva ölelik körbe a Földet. A mágnesességet a bolygó belsejében forgó gigantikus vasmag kelti. A mágnesességet érzékelő állatok, a mágneses mező irányát állapítják meg, és az óriási távolságok megtétele során is, ennek alapján tájékozódnak pontosan. Agyukban az apró magnetit kristályok mikroszkopikus méretű iránytűk módjára veszik fel, a mágneses mező irányát.

A mágnesesség alapján való navigálás új ötletet adott a tudománynak, mert nemcsak a Föld körül, hanem az emberi test belsejében is ugyanígy alkalmazható. Egyedülálló abból a szempontból, hogy nem a sebész izomerejét használják az emberi testen belül az eszközök kezelésére. Ebben az esetben, külső mágneses mezővel érik el, a hallatlanul pontos vezérlést.

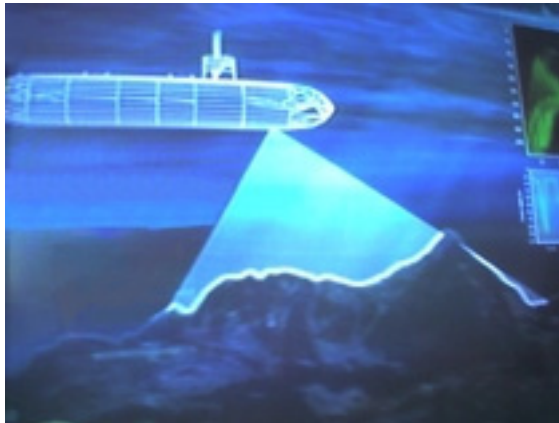
Ez a csúcstechnika lehetővé teszi a sebészek számára, hogy a betegben a legérzékenyebb részeket is, erőszakos behatolás nélkül ériék el. Csak egy vezető huzalra, és egy katéterre van szükség, hogy gyorsan és pontosan tolják végig az apró sebészi eszközöket egy bonyolult útvonalon, és olyan helyre juttassák el őket, ahová erre korábban nem volt lehetőség. Évente minden 80.000 beteg közül 1-nél találnak életveszélyes értágulatot. Az idegsebésznek a koponyafalban található egyik apró nyíláson át kell az agyba hatolnia, és aztán kézzel vezeti egyenes vonalban a merev szondát a lágy agyszöveteken át, hogy elérje az érintett területet. Előfordulhat azonban, hogy a betegnek az agyi véredényei, rendellenes csomóvá tekerednek össze. Ha a problémás terület a bal halántéklebenyen van, –amely rendkívül kritikus hely, mert ez az agyterület szabályozza a beszéd funkcióját, a szavak megértését, az olvasást és a hangképzést,– akkor a beavatkozáshoz a hagyományos módszerekkel igen nagy kockázatot kell vállalni.

Egy mágneses mozgató sztereo készülék lehetővé teszi, hogy az orvos rendkívül pontosan vezessen végig egy mágneses katétert, a problémás útvonalon, így ragasztót, vagy más záró anyagot juttathat a rendellenesség helyére, eltömve ezzel a kis véredényeket. A mágneses szerszámot úgy irányíthatják a beteg testében, hogy apró vágást ejtenek a lágyéka táján, így hozzáférhetnek a combartériához. Eközben a sebész digitális képalkotó röntgen készülékkel figyeli a célpontot. Aztán rögzítik a beteg fejét egy olyan készülékben, amely 3 szupravezető mágnest tartalmaz. Apró mágnesekkel ellátott vezetőhuzal irányítja azt a műanyag katétert, amely nem vastagabb egy szál spagettinél. Az orvosok számítógép egérrel irányítják a mágneses vezető huzal csúcsát. A komputer csigalassúsággal tolja befelé, egy 120 centiméter hosszúságú útvonalon, hogy elérje az agyat. A mágneses mező körvonalait annak az áramnak az erőssége határozza meg, amely a 3 szupravezető mágnesben folyik. Ahogy növelik, vagy csökkentik valamelyik mágnesben az áramerőt, aszerint változik a mágneses mező körvonala, és ezen belül az apró mágnes haladási iránya. Amikor az agyban eléri a célterületet, akkor visszahúzzák a vezetőhuzalt. Így csak a katéter marad a helyén, hogy alagutat képezzen az idegsebészek számára, műszereik bejuttatásához. A természet még sok lehetőséget tartogat a technika számára. Talán az apró mikrobáktól tanulhatjuk meg, hogy hogyan kell tájékozódni a legveszélyesebb területeken.

3.4. Víz alatti kalandozás

A Föld hatalmas óceánjainak felderítése, szédítő navigációs kihívás mind az emberek, mind a tengeri élőlények számára. A természet szempontjából az óceánok vándorai a bálnák, az ember szempontjából pedig a tengeralattjárók. Sok szempontból figyelemre méltó közöttük a hasonlóság, mert mindig biztonságosan, néha pedig lopva, és pontos útvonalon kell haladniuk. Tájékozódási képességüket, ugyanarra az elvre épülő készüléküknek köszönhetik: a hanglokátornak. A tengeri emlősök a mély vízben kalandoznak, de ez gyakran túlságosan sötét ahhoz, hogy lássák a tengerfenék alakzatait. Szonárjukkal viszont agyukban olyan mentális térképet alakítanak ki, amely az alattuk elsuhanó tereptárgyak helyzetét rögzíti. Ez segíti őket abban, hogy minden évben eltaláljanak ugyanarra a téli üdülőhelyre.

A tengeralattjárók is felhasználják ezeket a víz alatti üzeneteket, az óceán mélyén való tájékozódásra. A passzív szonár csak hallgatózik, az aktív szonár viszont hangimpulzusokat küld a vízbe, és a visszaverődő energia egy részét fogja fel. Egy tengeralattjárónak aktív szonárt kell alkalmaznia. Mélységmérőt használnak, amely hangjeleket küld a fenékre, és a tengerfenék térképek alapján tudjuk megállapítani, hogy merre jár a hajó. Számos impulzus adataiból a globális helyzetet is meghatározható, miközben kirajzolódik az aljzat körvonala.



17. ábra A tengeri denevér működése

A víz alatti látás forradalmasítására a tengeri denevért (17. ábra) először a sydneyi öbölben használták. A hagyományos szonár rendszerek, egyetlen hangsugarat bocsátanak ki függőlegesen, a mélységmérés céljából. Ez a készülék 540 hangsugárral söpri végig a tenger fenekét, ilyen módon ad részletes képet a domborzatról, és a rejtett veszélyekről, mint pl. a tengeri aknákról. Nem egyetlen sugarat bocsát le a hajó alatt, hanem egész áradatot balról jobbra, így egész hosszú sorban méri a vízmélységet. Ahogy a jármű halad, fokozatosan átfo-gó kép alakul ki a tengerfenékről. Ha tudják, hogy milyen alakzatokból épül fel a tengerfenék,

akkor veszély esetén, az aknák elleni védelmet is megtervezhetik. Egy másik terület, a hajózás biztonsága. Rendkívül fontos, hogy ismerjék a vízmélységet. A sydneyi kikötő elég mély ahhoz, hogy ne okozzon különösebb aggodalmat a hajózás szempontjából, de még akadnak meglepetések. A tengeri denevér hang lokátora fedezte fel, a Care Gong nevű 600 tonnás szénszállító hajónak a roncsát is, mely 1910-ben süllyedt el, miután összeütközött egy másik hajóval. A különböző szonár típusok paramétereit az 1. táblázat mutatja.

szonár rendszer típusa	frekvencia	hullámhossz	hatótávolság
alacsony	100 Hz	15 m	>1000 km
alacsony	1 kHz	1.5 m	>100 km
alacsony	10k Hz	15 cm	10 km
alacsony	25 kHz	6 cm	3 km
közepes	50 kHz	3 cm	1 km
közepes	100 kHz	1.5 mm	600 m
magas	500 kHz	3 mm	150 m
magas	1 MHz	1.5 cm	50 m

1. táblázat Frekvencia, hullámhossz, hatótávolság értékek különböző szonár rendszereknél

A tengeri denevér szonárja csak az egyik megoldás, a sekély tengervízben való tájékozódásra. A tengeralattjárók tájékozódási képességei évtizedeken át a saját helyzet számításokon alapultak. Ennek a rendszernek viszont meg vannak a maga korlátai. A számítási ingadozások nagy hibákhoz vezettek. A sekély és feltérképezetlen vizek veszélyesek, a szonár pedig árulkodó lehet az ellenség számára. Ráadásul a tengeralattjárók és a bálnák abban a szempontból is egyformán sebezhetők, hogy időnként a felszínre kell bukkanniuk, és így felfedik jelenlétüket. Fontos hogy a tengeralattjárók csendben és lopakodva közlekedjenek. Ezért nem akarják, hogy a felszínre emelkedjenek. Fent az antennájukat is észrevehetik; de nem létezik olyan eszköz, amely leleplezné azokat a víz alatt. 150 órás merülés után egy tengeralattjárónak fel kell emelkednie, hogy egyeztesse helyzetét a navigációs műholdakkal, vagy a csillagokkal. Ez nem éppen könnyű feladat a viharos vízben, vagy a sarki jégtakaró alatt. Szükség van tehát egy olyan tájékozódási rendszerre, amely pontosan működik, és nem bocsát ki észlelhető jeleket. A természetben nem létezik ilyen módszer, de a technika sokat segített ebben a víz alatti járműveknek.

A tengeralattjárók navigálásának legfrissebb újdonsága: a tömegvonzás érzékelése. A Luck&Martin cég olyan rendszert fejlesztett ki, amely a Föld gravitációs mezejét használja a tájékozódásra, és ez által határozza meg a járművet körülvevő térség domborzatát. Mivel a

gravitációt az óceán mélysége nem befolyásolja, az úgynevezett univerzális gravitációs modul páratlan tájékozódási képességet biztosít a tengeralattjáróknak. A gravitációs erő nagysága helyenként változik. Ha egy tökéletesen sima, egynemű gömbünk volna, akkor a gravitáció iránya mindig merőleges lenne a földfelszínre, és ahogy haladnánk a felületén, mindig állandó maradna. De szerencsére nem ez a helyzet. A dombok, helyek, völgyek, óceánok, folyók, fennsíkok, és más földrajzi egységek rendkívül változatos tereprajzot adnak. Ezek mind eltorzítják a gravitációs mezőt, és éppen ezeket a jeleket használják fel a tájékozódáshoz. Az univerzális gravitációs modul, lehetővé teszi a tengeralattjárók számára, a felszín érintése nélküli pontos navigációt. Ha szétszednénk ezt a készüléket, 4 gyorsulásmérőt találnánk benne, amely egy közös alapon, állandó frekvenciával forog. A gyorsulásmérők kimenő jeleinek kombinálásával és feldolgozásával, lehetővé válnak a gravitációs mérések.

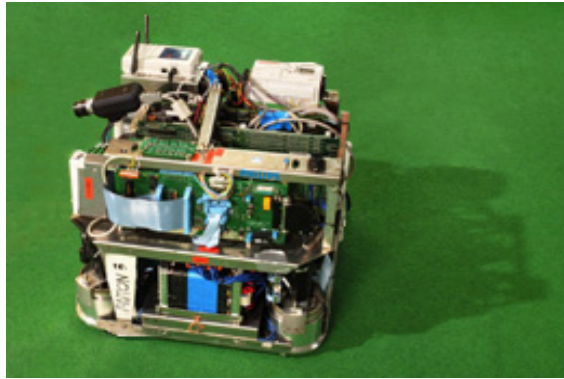
A térhatású képek első ízben nyitnak ablakot a tengeralattjárók számára, a saját víz alatti világunkra. A 3 dimenziós kép azért fontos, mert úgy ábrázolja a környező területeket, mintha egy videó játékot látnánk. A játék közben, így azt is láthatjuk, hogy hol tartózkodunk. Jelenleg ugyanis a tengeralattjárók nem képesek erre a körülpillantásra. A gravitációs modul két fontos feladatot teljesít: passzívan, és a terep alapján is tájékozódik. Ráadásul úgy felel meg ennek a két követelménynek, hogy mindeközben egyetlen jelet sem bocsát ki, és ilyen módon tökéletes rejtőzködést tesz lehetővé. A passzív tájékozódás segítségével a tengeralattjáró pontosan felrajzolhatja helyét a glóbuszon, a tereptájékozódás révén pedig, részletesen ábrázolhatja azt a területet, amely felett elhalad. A készülék egy 110 km²-es tenger alatti területet, kb. 30 méteres pontossággal tud feltérképezni. Így a víz alatti hegyek és hátságok hanglokátor nélkül is tisztán láthatók. Óriási előnye akkor mutatkozik meg, amikor a tengeralattjáró elrejtőzik az ellenség elől, vagy ismeretlen vizekben úszik. A képernyő látószögének szabályozásával, a gravitációs modul kezelője ekkor a jobb tájékozódás érdekében, térhatású képet hozhat létre. A gravitációs modul sok egyéb területen is használható. Nemcsak a rejtett tájékozódásban játszik szerepet, hanem ásványok és szénhidrogének felderítésére is kitűnően alkalmas. Már sok adatot gyűjtöttek össze hajóra és repülőgépre szerelt rendszerekkel.

Amikor gépi formában lemásoljuk az állatvilág különös érzékszerveit, ezzel a technika is eddig ismeretlen, új területeket hódít meg. Olyan robotokat alkot, amelyek a saját útjukat járták. A sebészek pedig új módszerrel érhetik el az emberi test belsejét. Így határozhatjuk meg helyzetünket a bolygón, a tengerek mélyén, és így találhatjuk meg helyünket a világegyetemben is.

4. Hardver

A robotoknál négy nagy funkcionális egységgel találkozunk: érzékelés-látás, tájékozódás, mozgás illetve annak vezérlése, és ezen egységek közötti kommunikáció. Természetesen ezek még kiegészülhetnek más egységekkel is, de ezek minden esetben megtalálhatók minden robotban. A külső érzékelés ebben az esetben csak a látásra és az ütközés elkerülésére szolgáló 2 érzékelőre korlátozódik, míg a belső leginkább a hő érzékelőkre. A tájékozódást softwaresen, a mozgást elektromos motorok vezérlésével oldottuk meg. Ezen vezérlőket egy távoli számítógépen futó software, vezeték nélküli kommunikációt használva látja el utasításokkal. Tulajdonképp ezen keresztül történik magának a robotnak az emberi, illetve. automatikus vezérlése is.

4.1. A robot jellemzői



18. ábra Az önjáró robot

A robot tervezéséhez a [1] dokumentációt használtuk. A robottest főbb alkotórészei FR4-es lemezekre épülnek, amelyekhez a szerkezet többi része került rögzítésre. Egy darab DSP látja el a motorvezérlési feladatokat, monitorozza az akkumulátor feszültségét, a motorok hőmérsékletérzékelőitől érkező jeleket és a motorok által felvett áramokat, ezeknek az aktuális értékét le lehet kérdezni és be lehet állítani rádión keresztül. 6 darab közelség vagy ütközésérzékelő szenzort tud lekezelni megszakítás vezérelten, mind az I2C és CAN interfésze szabad, későbbi kiegészítő modulok csatlakoztatására. A processzor idejének nagyobbik részét Sleep módban tölti, hogy minimalizálja a fogyasztást. A robot technikai paramétereit összesítését a 2. táblázatban találjuk.

A robot mozgatásához módosított szervo motorokat használunk, amelyek stabilizált 6V-ot kapnak. A kétirányú vezérlésüket H-hidas kapcsolással biztosítjuk. A fordulatszámot pulzusszélesség modulációval vezéreljük. A kamera jelének átvitele vezeték nélküli rendsze-

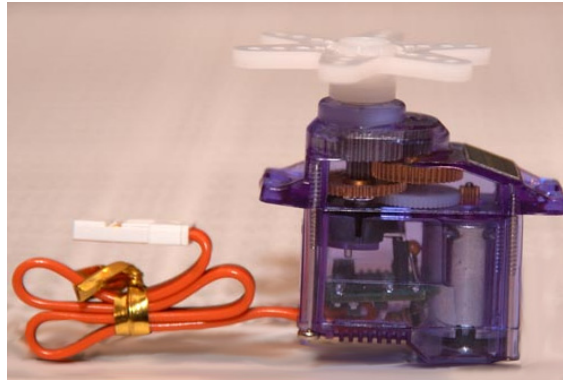
ren keresztül történik. A meghajtó szervo motorok ellátásáért egy két-cellás 14,8V-os lítium polimer akkumulátor a felelős (mérete: 140x43x26mm, tömege: 323 g). A vezeték nélküli kommunikációhoz, illetve a kamerához egyaránt 3,3V szükséges. A mikro vezérlőhöz, motorvezérlőkhöz és a többi digitális részhez stabilizált 5V-os feszültséget használunk. A motorok és a szervo egyaránt 6V-os feszültségről működik. Lehetett volna alacsonyabb feszültségű akkumulátort is használni, de a kezdeti tervekben egy nagyobb feszültségigényű rendszer szerepelt. A tervek finomításával következett be az, hogy a rendszer főbb részei a kezdeti vázlatokhoz képest alacsonyabb feszültséget igénylő elemekből épülnek fel. Az akkumulátor megmaradt az eredeti terv alapján. Nagy előnye, hogy alacsonyabb feszültségen is nagyobb áramerősséget tud leadni, így hosszabb működési időt garantál, mint az alacsonyabb névleges feszültségű akkumulátorok. Hátránya, hogy nagyobb és nehezebb.

Technikai adatok

Jellemző	Leírás
Fizikai méretek:	<i>hossz:</i> 200mm <i>szélesség:</i> 150mm <i>magasság:</i> 175mm (kamerával)
Tömeg:	1.875g
Robot mozgató (kerék forgató) motorok:	4db BlueBird Szervó BMS-380 MG, 4,2kg/cm nyomaték
Robot irányító (kerék fordító), kamera forgató motorok:	5db BlueBird Szervó BMS-385DMAX, 4,7kg/cm nyomaték
Motorvezérlő:	5db L298, Dual full-bridge driver, passzív hűtés
Kerék:	4db hajtott (d=30mm)
Vezeték nélküli kapcsolat:	802.11b/g szabványos kommunikáció
Mikrovezérlő:	1db dsPIC30F6015 @ 40MHz, 10MIPS
Egyéb érzékelők:	A robot elején 1-1 közeledés érzékelő.
Kamera:	Analóg kamera, vezeték nélküli interfésszel.
Energiaforrás:	XenonPower 3300mAh 14,8V 25C/50C akkumulátor
Tápfeszültségek:	<i>WiFi:</i> 3.3V <i>Digitális:</i> 5V <i>Motorok, Szervo:</i> 6V

2. táblázat A robot technikai paraméterei

4.2. A meghajtás



19. ábra A robot kerekeit forgató motor

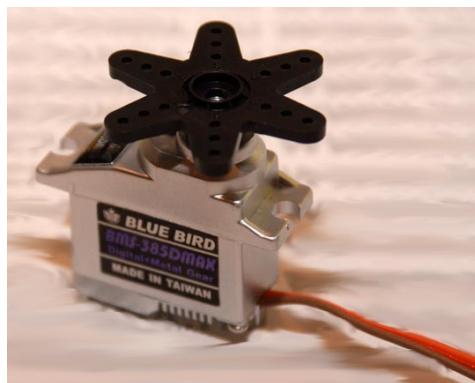
A robot meghajtásáért 4 db. BlueBird Szervó BMS-380 MG (19.ábra) végtelenített szervó motor felelős. Ezek a motorok micro kivitelűek, így kicsik (26 x 13 x 26 mm) és egyenként mindössze 15g-ot nyomnak, maximális nyomatékuk 4,2 kg/cm. A motorok a ház eltávolítása után és átalakítva kerültek beépítésre, így az áttételezése is más lesz a motornak, ezzel a motor maximális fordulatszáma $n = 0 - 1200$ 1/min között változtatható. A motorok kétirányú vezérlését H-hidas kapcsolással biztosítottuk, a fordulatszámot pedig pulzusszélesség modulációval vezérelhetjük.

A kerekek átmérője $d = 30$ mm, így a robot maximális sebessége:

$$s_{\max} = d * \pi * n_{\max} \approx 1,885 \text{ m/s}$$

A motorok egymástól függetlenül vezérelhetők, így előfordulhat az is, pl. helyben forduláskor, hogy a robotnak lesz olyan kerekei, amelyek ellentétes irányba forognak. Minden egyes motor rendelkezik hővédelemmel, amely megvédi a motort a váratlan helyzetekben adódó károsodástól. Mindegyikhez tartozik egy „hőmérő”, amellyel monitorozni lehet a motor hőmérsékletét, és a túlzott melegedés esetén be lehet avatkozni softwaresen. A motorok által károsodás nélkül elviselt maximális hőmérséklet: 50 °C, az alkalmazás viszont 45 °C-nál kikapcsolja a motorokat.

A fenti képlet alapján számítható lenne a megtett út, az idő függvényében. De könnyen belátható, hogy a pontatlanság a működés során igen hamar fel fog lépni. Az időt nem lehet elég pontosan mérni, ugyanis a robot tehetetlensége miatt, még a vezérlés megállítása után is a lendület forgatni fogja a kerekeket. A fordulatszámot sem lehet tökéletesen beállítani, várhatóan lesz század nagyságrendű eltérés másodpercenként. Ezért a motorokra elhelyeztünk egy fordulát mérőt, amely jelzi a motor elfordulási mennyiségét, ezzel végezve el a szinkronizálást a mért és a tényleges fordulát között; így nagyságrendekkel csökkenthető a pontatlanság.



20. ábra A kerekeket és a kamerát elfordító motor

A robot kormányzását, azaz a kerekek elfordítását és a kamera elfordítását BlueBird Szervó BMS-385DMAX (20.ábra) motorokkal végezzük. Ezek a motorok micro kivitelűek, így kicsik (26 x 13 x 26 mm) és egyenként mindössze 16,5g-ot nyomnak, maximális nyomatékuk 4,7kg/cm. A motorok a ház eltávolítása után és átalakítva kerültek beépítésre, így a kamera illetve a kerekek elfordításához használt motorok áttételezése is más. A kamera esetében ez $0 - 3^\circ/s$, a kerekek esetében ez $0 - 24^\circ/s$ között változtatható.

4.3. A kommunikáció, érzékelők

Korábbiakban már szó esett róla, hogy a robot elejére és hátuljára felszerelésre került 1-1 közeledés érzékelő. Ez a vészhelyzet esetén beavatkozó mechanizmus érzékelője. Ha a robot vezérlési hiba miatt, vagy váratlan esetben túl közel kerül egy tárgyhöz, akkor a kerekek forgását leállítja, ezzel óvva meg a robotot egy végzetes sérüléstől. Erről az eseményről értesítést küld a számítógépen futó alkalmazásnak, amely így újabb utasítást fog adni a robotnak. A motorok esetében az előbbieken említett érzékelők szerepelnek. Az állapotinformációk között szerepel a motorok, a kamera és a robottest hőmérséklete, a motorok fordulatszáma és a felvett feszültségek értéke, valamint az akkumulátor aktuális feszültsége.

A kommunikáció IEEE802.11g (Wi-Fi) szabványú vezeték nélküli hálózaton keresztül történik. Ez a kommunikációs módszer lehetővé teszi, hogy a robot a vezérlőprogramot futtató számítógéphez csatlakoztatott vevőegységtől, max. 100m-re távolodjon. A 2,4 GHz-en működő eszközök maximális átviteli sebessége 54 Mbit/s, amely átlagosan 20Mbit/s. Ezzel a kommunikációs eszközzel történik a kétirányú kommunikáció a számítógép és a robot között. A robot kamerájától érkező, valamint az érzékelők által felfogott jeleket továbbítani kell a számítógéphez, a számítógéptől érkező vezérlő utasításokat pedig a robothoz.

A video információk átvitelére a biztonsági megfigyelő rendszerek esetében már jól ismert IP kamerát használjuk. Az ilyen típusú kamerák közvetlenül képesek Ethernet és/vagy vezeték nélküli hálózati interfacen keresztül kommunikálni a hálózaton lévő más eszközökkel. Erre a célra az Axis cég 207MW (21.ábra) –vezeték nélküli– modelljét választottuk. Ezt a kamerát átalakítottuk, burkolatát eltávolítottuk, majd kombináltuk egy Q1755 (21.ábra) kamerával, így az új kamera képes átvinni 1280×1024 felbontású videót minimum 30 fps sebességgel, MPEG4 és mozgó JPEG formátumban. Az átvitelt tovább gyorsítja, hogy a kommunikáció során nem használunk titkosítást, bár annak használatával sem romlik 10-15%-nál nagyobb mértékben a kihasználható (a titkosítatlan) átviteli sebesség. A kamera speciális képessége, hogy képes 10×-es optikai nagyításra, amely további lehetőséget biztosít egy bizonytalanul felismert objektum pontosabb azonosítására.



21. ábra A képi továbbítás alapját képező 207MW és Q1755

A gyakorlatban nincs szükség ekkora felbontásra. A nagyobb felbontás csökkenti a video másodpercenkénti átvihető képkockáinak számát, valamint a nagyobb képek feldolgozása lassabb, így a robot később kap vezérlő utasítást a számítógéptől, de a kép részletesebb lesz, pontosabb képet kapunk a környezetről. A kamera képének továbbítása mellett meg kellett oldani, a vezérlő jelek továbbítását, valamint a számítógéptől érkező jelek fogadását full-duplex módon. Mivel az eredeti kamera képes hangot fogadni és közvetíteni is (egy másik csatornán), így a DSP processzortól érkező állapot jelző információkat ezen a csatornán lehet továbbítani, illetve a számítógéptől érkező vezérlő utasításokat is ezen keresztül lehet fogadni. Ez a kommunikáció is full-duplex módon történik, az eredeti hangtovábbítás adta lehetőségek miatt, így a számítógép oldaláról szükség van ennek a megfelelő kezelésére, szinkronizálására.

4.4. A kommunikációs feldolgozó és a mechanikai vezérlő szerepköre

A robot kommunikáció egységéről az előbbieken esett szó. Ennek a Wi-Fi eszköznek az előnye, hogy saját IP címmel rendelkezik, így ehhez egyszerűen egy Wi-Fi antennán keresztül lehet kapcsolódni. Ezt a kézenfekvő megoldást használtuk mi is, nincs is szükség semmi másra, mint egy Wi-Fi antennára (22. ábra); a számítógéphez való kapcsolódáshoz nem kellett –a roboton elhelyezett eszközön kívül– más eszközt építeni. A kamera adó-vevő egysége végzi a video és hang csatorna jeleinek továbbítását, valamint az érkező jelek feldolgozását. Ehhez kapcsolódik hozzá, a kommunikációs feldolgozó. Küldésnél ez az eszköz állítja össze a video és státuszinformációkból, azaz a video és hangcsatorna jeleiből a küldendő jelsorozatot. Fogadásnál szétválasztja az érkező jelsorozatból a video csatorna kamerának szánt optikai nagyító/kicsinyítő utasításait reprezentáló jeleket, a hangcsatornán érkező vezérlő utasításokat tartalmazó jelsorozattól.



22. ábra A robottal való kommunikációhoz szükséges WiFi antenna

A video jelek teljes mértékű kezelését a kamera feldolgozója fogja ellátni. Amellett, hogy a küldendő video jelek összeállítását ez a rendszer elvégzi, és a video csatornán érkező jelek feldolgozását). Ennek a módszernek a másik nagy előnye, –amellett, hogy a küldendő video jelek összeállítását elvégzi az,– hogy a robot számára távolról kiadott lencse távolítási, közelítési (optikai nagyítási/kicsinyítési) utasítás kezelését, értelmezését is ez az eszköz végzi. Mivel az eredeti kamera funkciói között szerepel ez a lehetőség, így nincs szükség új eszközre, ezáltal a vezérlése és a kommunikáció is teljesen automatikusan történik.

A vezérléshez használt DSP-t tartalmazó feldolgozó egység fogja a hangcsatornán érkező jelsorozatot vezérlő utasításokká alakítani, illetve küldésnél összeállítani a számítógép felé küldendő státusz információkat tartalmazó jelsorozatot. Ezután már minden műveletet a kamera kommunikációs egysége végez el.

Amikor a hangcsatornán jel érkezik, akkor azt a DSP feldolgozza, majd előállítja a megfelelő vezérlőjelet. Minden kerékhez tartozik egy L298-as kettős híd meghajtó és vezérlő. Technikai paramétereit a [7] forrásban olvashatjuk. Amely egyik hídja biztosítja a kerék elfordulását, a másik pedig az elfordítását. Ezt a vezérlő jelet, ha kerék fordítására vonatkozó utasítás van, akkor a megfelelő kerékhez tartozó L298-as processzorhoz továbbítja, amely a kerékhez tartozó fordító motort árammal látja el, így a megfelelő kereket elfordítja. Hasonlóképpen történik a kerekek forgatása is, ahol a vezérlés a megfelelő kerékhez tartozó L298-as vezérlőhöz kerül, amely a kerék forgató motorját helyezi áram alá, ezáltal forgatja el a kereket. Attól függ, hogy a L298-as processzor fordító, vagy forgató motort vezérel, hogy miként van címezve. Ezek a processzorok nagyobb terhelésnél erősen melegednek, ezért gondoskodni kellett a megfelelő hűtésről, melyet passzív hűtőpanelek segítségével oldottunk meg, melyek a robottesthez kapcsolódnak. A kamera fordítás vezérlését is egy L298-as vezérlő látja el.

A kommunikációs egységnek van még egy nagyon fontos feladata. A robot esetében kulcsfontosságú, hogy állandó kapcsolatban legyen a számítógéppel, amely azt vezérli. Annak tesztelésére, hogy a kapcsolat él és még látja egymást a két állomás azt a megoldást használjuk, hogy ha nincs adatforgalom a két egység között, akkor két másodpercenként a számítógép adója ping csomagot küld a robotnak. A robot timeout-tal várja ezt a csomagot, ha nem érkezik meg 3 másodpercen belül ez a csomag, a kapcsolatot szétesettnek veszi, és újra próbál csatlakozni az előre beállított csatornákon. A robot mindig egy pong csomaggal válaszol. Ha ezt a bázis nem veszi, újra létrehoz egy hálózatot, majd vár a robot bejelentkezésére. Ezt a tevékenység sorozatot a robot oldalán a kommunikációs egység automatán elvégzi.

4.5. A teljesítmény

A robot rendszer esetében számos újdonsággal, vagy kevésbé használt megoldással találkozunk. Egyik ilyen az, hogy a kerekek egymástól függetlenül vezérelhetők, mind elfordulásban, mind elfordításban, valamint az, hogy a kerekek teljes mértékben körbe fordíthatók. Ehhez hozzájárul, hogy a robot motorjainak fordulatszáma fokozatmentesen szabályozhatók, így téve lehetővé a még pontosabb pozicionálást. Ez a megoldás teljesen szabad mozgást biztosít a robot számára; képes helyben megfordulni, rákjárásban közlekedni, illetve a kanyarodás is hatékonyabb lett (kisebb íven tud fordulni a robot).

Az egyes motorokra, a kamerára, a robot alapjára elhelyezett hőérzékelők biztosítják, hogy a robotok minden főbb alkatrészének hőmérséklete monitorozható legyen, így beavatkozással megvédhetők a drága robotegységek a károsodástól. Természetesen a melegedés nem

csak a robot működéséből adódhat, hanem a környezetből is. Gondoljunk arra, ha a robot égő területen keres túlélőket után, vagy egyszerűen csak valamelyik csillag megvilágítja, akkor a robot nagy felülete miatt hajlamos nagyobb hőmennyiséget felvenni, ezáltal a melegedésre érzékeny alkatrészek hamar tönkre mehetnek. Egy forgó kerék elakadása esetén a motor által felvett feszültség és a hőmérséklet is növekszik, a fordulat mérés segítségével pedig egy újabb bizonyítékot szerezhetünk ennek a problémának a feltárására. Nyilván számolnunk kell azzal, hogy valamelyik érzékelő elromlik, ezért a 3 érzékelő közül 2 hibajelzésének megléte a probléma fennállását valószínűsíti.

A robot egy újabb előnye, hogy a kamera forgatható, így egy objektum a robot minimális elmozdítása után más nézőpontból szemlélhető. A robot kamera része magas maximális felbontással (1280×1024) rendelkezik, ehhez pedig hozzájárul, hogy a másodpercenként minimálisan továbbított képkockák száma 30. A robotok esetében igencsak ritkának számít, hogy a kamera optikai nagyítási, kicsinyítési lehetőséggel rendelkezik, így egy terület feltérképezése pontosabb és gyorsabb, az objektumok felismerés pedig nagyobb valószínűséggel végezhető el.

Lehetőség van egy egyszerű programutasítások sorából álló lista betöltésére és végrehajtására, így végrehajthatók előre megírt mozgásminták. A robot mindaddig ezeket az utasításokat hajtja végig, míg a program végére nem jut, valami hiba történik, vagy az távolról beavatkozás történik. Ekkor a vezérlő azonnal megállítja a robotot, és kézi irányításra kapcsol, új utasítás esetén pedig elkezdi annak automatikus végrehajtását.

A robot működése során állandó vezeték nélküli kapcsolatban van egy távoli számítógéppel, amelyen a robotot vezérlő alkalmazás fut, és ahonnan nyomon lehet követni működését, bármikor be lehet avatkozni. Ez az egyetlen pont, ahol a robottal az emberi interakcióra lehetőség van, ezért itt minden begyűjtött adatot meg kell tudni jeleníteni és lehetőséget biztosítani arra, hogy a robot minden változtatható paraméterét módosítani lehessen. Ha az automatika hibázna, a vezérlés ide kerül át. A robotból érkező összes üzenet adatbázisba kerül tárolásra. A küldetés végén így lehetőség van minden egyes momentumot időbélyegezve visszakeresni és kiértékelni. Szükség esetén a robot aktuális állapotát (aktuális cellatöltöttség, aktuális fogyasztás, pozíció, haladási irány, stb.), és a kamera képét egy weboldalon meg is lehet jeleníteni.

A robot méretéhez és funkcionalitásához képest nagyon alacsony tömeggel rendelkezik. Az alacsony tömeg előnye, hogy a közlekedéshez használt motorok kisebb terhelést kap-

nak, kevésbé melegednek, és kevesebb áramot is fogyasztanak. A robot akkumulátora nagy teljesítményű, így a robotnak hosszú működési időt biztosít. A DSP-nek mind az I2C és CAN interfésze szabad, így lehetőség van a későbbi kiegészítő modulok csatlakoztatására.

A robot másik nagy újdonsága, hogy rendelkezik egy világító testtel, amely a digitális fényképezőgépek vakujának fényerejével rendelkezik, így akár sötétben is tud közlekedni. Ezzel csökkenthető az árnyékhataás, –így növelhető a kamera képének pontosabb feldolgozása,– illetve az ellenfény és a bevilágítás hatása.

4.6. Összehasonlítás más hardverrel

Mivel minden robot különböző, legtöbbször speciális feladat ellátására készül, így a robotunkat funkcionalításban, teljesítményben nem igazán lehet összehasonlítani más rendszerekkel. Egyes robotok rendelkeznek bizonyos funkciókkal, mások nem. Az összehasonlításhoz kiemelem az általános funkciójú robotok területéről a LEGO robotot, egy a saját robotunkhoz hasonló mozgási és érzékelési képességekkel rendelkező manuális vezérlésű robotkocsit, és egy a robotunkkal azonos célra kifejlesztett automatikus működéstű robotot. Ezek tükrében már az összehasonlítás kezdetén nyilvánvaló, hogy sok szempontból az általunk épített robot lesz előnyös.

Általánosságban azért annyi elmondható, hogy a robot elektromos ellátása, akkumulátora kimagaslik a hasonló modellek közül. Míg a vezeték nélküli robotok esetében általában több akkumulátort használnak, mi átalakítókkal megoldottuk, hogy egy átlagostól nagyobb teljesítményű akkumulátorral, a hasonló képességű robotokhoz képest 150%-kal nagyobb legyen a működési ideje. Teljes feltöltés után így, akár 2 órát is dolgozhat folyamatosan a hőmérséklet és a terheltség függvényében.

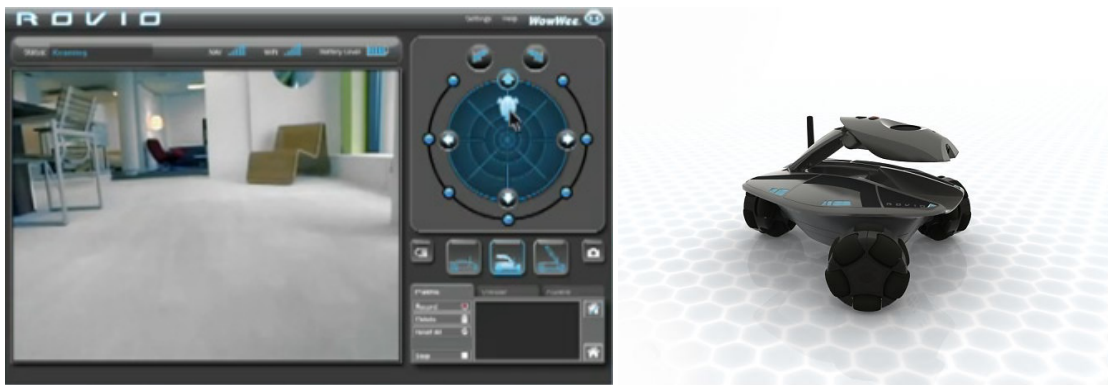
LEGO játék elemeiből könnyen és gyorsan építhetünk különböző szerkezeteket. A LEGO Technics elemei már korábban is alkalmasak voltak mechanikai szerkezetek építésére, melyet kis elektromos motorok segítségével is működésbe hozhattunk. Hiányzott azonban a vezérlő elektronika megléte. A LEGO robot teljesen autonóm egység számítógép nélkül is képes működni, 6 darab ceruzaelem biztosítja az érzékelők, motorok és a vezérlőegység számára az energiát. Több előre összeállított készletet kínál a LEGO, melyekből érdekes robotok építhetők. Ezt minden gond nélkül megtehetjük, hiszen a hagyományos LEGO elemek felhasználhatók az építkezésben. Azonban a hagyományos LEGO-val ellentétben, itt nem csak modellünk alakját, hanem viselkedését is befolyásolhatjuk.



23. ábra Két különböző LEGO robot

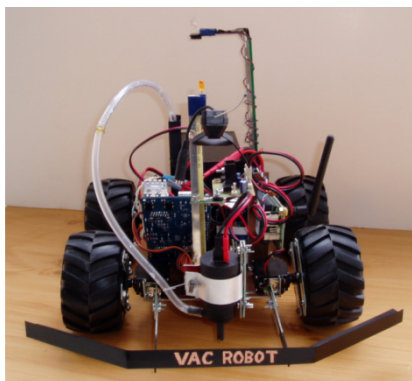
Az RCX egészen pontosan 3 db érzékelőt és 3 db aktort (legtöbbször motort) tud egyszerre kezelni. (Aktor: egy robot működése során környezetéről érzékelői segítségével szerezhet információkat, az adatokat és esetleges előzetes tudását mérlegelve vezérlő, beavatkozó szervei segítségével tud környezetére hatást gyakorolni, cselekedni.) Az érzékelők és aktorok minősége, pontossága alapvetően befolyásolja azt, mire lesz alkalmas a megépített robot. Érzékelő típusok: nyomás (egyszerű nyomógomb), elfordulás, hőmérséklet, fény-intenzitás érzékelő. Létezik a nagyobb pontosságú méréshez, érzékeléshez más érzékelőkhöz az ún. szenzor adapter. Lehetőség van, hogy új szenzorokkal bővítsük készletünket: PH detektorok, relatív páratartalom mérők, stb. Aktor kétféle van, lámpa és motor; egyszerű motor segítségével számtalan funkció megvalósítható. A LEGO robot építő elemekből nagyon sok fajta, és funkciójú robotot lehet építeni. (23. ábra) A robotok programozását a PLC-khez hasonlóan lehet elvégezni, ehhez számtalan programnyelv és programozási környezet létezik. [6]

A LEGO robot általános célú, főleg hobby felhasználásra fejlesztett robot. Előnye a saját robotunkhoz képest, hogy könnyen építhető (nincs szükség bonyolult mechanikai és elektronika részek építésre) és átépíthető, viszonylag olcsó és könnyen beszerezhető, egyszerűen programozható és nincs szükség speciális elemekre (pl. akkumulátor). Hátránya viszont, hogy vizuális érzékelőkkel nem rendelkezik, nincs elfordulás mérője, vezeték nélküli kommunikációja, a kerekek nem vezérelhetők függetlenül (mivel max. csak 3 aktort tud a vezérlő üzemeltetni). Ez alapján nem képes a helyben forgásra, rákjárásra, és a kanyarodási képessége is szerény.



24. ábra A ROVIO robot kezelőfelülete és a hardver

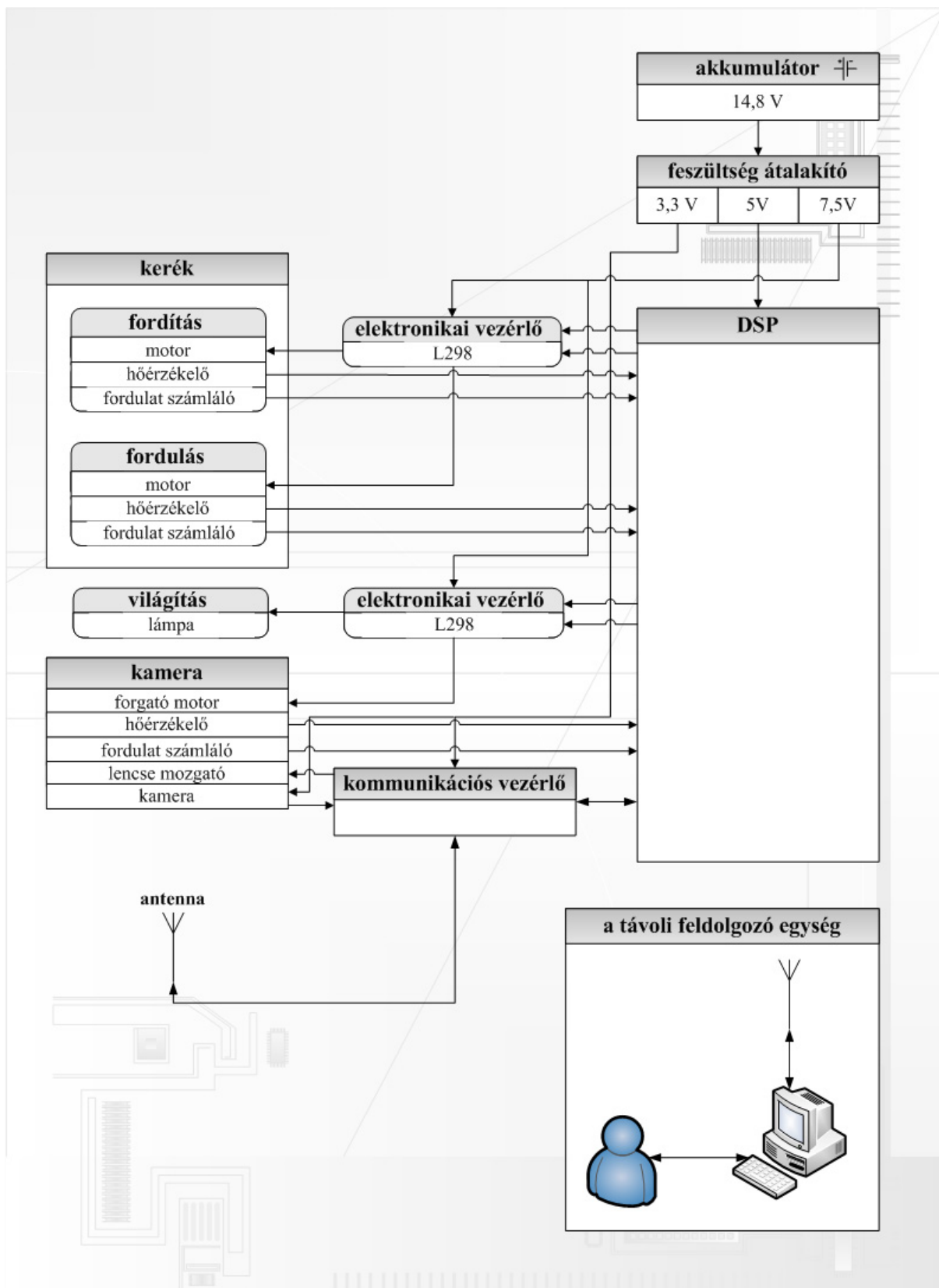
A másik egy funkcionalitásban nagyon hasonló robot: a ROVIO (24. ábra). Rovio egy wifi-n keresztül működő mobil web kamera [7], amin keresztül a felhasználó láthat, beszélhet és hallgathat bárhol a világon. A webkamerája 3 különböző pozícióba állítható, de nem tesz lehetővé elfordítást. Ha lemerül az akkumulátor, automatikusan jelzést kap az irányítója és kérésre automatikusan (önállóan) dokkolni tud a töltőre. Beépített kamerával, mikrofonnal és hangszóróval rendelkezik. Hátránya, hogy önálló vezérlésre nem képes, nem rendelkezik termo érzékelőkkel és világító eszközzel.



25. ábra Magyarok által készített hasonló robot (Rover)

A Rover robotot (25. ábra) a Magyarok a Marson verseny keretében készítette egy magyar csapat [4]. A robot fő feladata egy kijelölt úton való mozgás, valamint vízszivattyúzás. Nem képes a kerekeket függetlenül vezérelni és nem képes azokat fordítani sem, így a saját robotunk speciális mozgási képességeivel sem rendelkezik. Nem rendelkezik kamerával –, a megfigyelésre a terület fölé elhelyezett kamera szolgál –, világító egységgel, hőmérséklet érzékelőkkel. Előnye viszont a robotunkhoz képest, hogy egyszerű és magas felépítésű, így kevesebb alkatrész hibásodhat meg és nehezebben aka: el, könnyebben közlekedik, főleg terepen.

4.7. A robot felépítése



26. ábra a robotrendszer felépítése

A robot egyszerűsített felépítését a 26. ábra mutatja. Az ábrán a 4 kerékből csak 1 látható, a többi felépítésben, működésben, vezérlésben, érzékelők tekintetében teljes mértékben megegyezik ezzel. Az ábráról ugyancsak hiányzik a robot elején és hátulján található közelség érzékelő, amely az akkumulátorhoz és a DSP-hez kapcsolódik. Az ábra jobb alsó sarkában látható a robotrendszer legfontosabb eleme, a feldolgozó egység. Az ember innen adhat utasítást a robotnak, amelyet feldolgoz a program, majd a számítógép automatikusan vezérli a robotot.

Mivel a különböző egységek más és más feszültséggel működnek, így az akkumulátor feszültségét át kell alakítani. Az átalakítást stabil IC-re épülő panellal oldottuk meg, így már rendelkezésre áll a 3,3V-os a 5V-os, és a 7,5 V-os tápfeszültségek. A DSP felelős a rendszerbe érkező jelek feldolgozásáért, a rendszer teljes vezérléséért, illetve a robot státuszinformációit is ez az egység gyűjti be, amelyet feldolgoz, majd átad a kommunikációs egységnek. A kommunikációs egység feladata nem más, mint a kapcsolattartás a robot és a feldolgozó számítógép között. Ez az egység egészében az eredeti vezeték nélküli kamera kommunikációs egysége. Elvégzi a modulációs és demodulációs feladatokat, majd továbbítja a szükséges információkat, illetve fogadja a számítógéptől érkező vezérlő utasításokat, majd azokat a megfelelő feldolgozó egységhez juttatja (vagy a DSP-hez, vagy a kamerához).

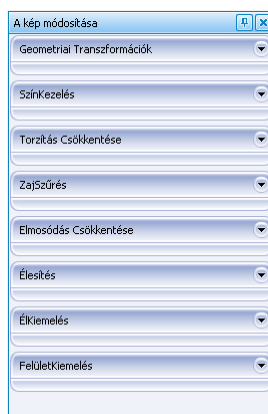
A DSP vezérelheti a motorokat olyan módon, hogy a mechanikai vezérlőt vezérlő jelekkel látja el, amely annak hatására a hozzá tartozó kerék megfelelő (forgató, vagy fordító) motorját hozza működésbe. Ez a mechanikai vezérlő képes vezérelni a robot lámpáját is, sőt az egyiket fel is használtuk erre a célra. A pontosság kedvéért ezért az ábrán nem mechanikai vezérlő, hanem elektronikai vezérlő elnevezést használtam. A kamera vezérlését a kommunikációs egység végzi. Mivel az eredeti kamera kommunikációs egységét vettük át, és az rendelkezett ezzel a funkcióval, így el tudja végezni ezt a feladatot. Korábbiakban szó volt róla, hogy a kommunikáció vezeték nélküli hálózaton keresztül történik, amelyet a kommunikációs eszköz az előbbieken ismertetett okból képes ellátni. Az eszköz képes titkosított és titkosítatlan adatátvitelre is, a vezeték nélküli (Wi-Fi) kommunikációs szabványnak megfelelően. A kommunikációs egységhez kapcsolódik hozzá a robot antennája, ez látható az ábra bal alsó részében.

5. Funkcionalitás

A diplomamunkámban a robot négy nagy funkcionális egysége közül az érzékeléssel-látással foglalkozok. Az érzékelés segíti abban a robotot, hogy váratlan helyzetekben, vezérlési hiba esetén se menjen neki az útjában lévő akadályoknak (közelség érzékelők), a robot elektronikáját megvédje a túlmelegedéstől (hő érzékelők), meg tudja határozni pozícióját relatív módon (elfordulás érzékelők), képet kapjon a környezetéről (kamera). A kamera szolgáltatja azokat a vizuális információkat, amelyek felhasználásával a robotot biztonságosan tud közlekedni, amelyek alapján meg tudja határozni, hogy merre kell tovább haladnia. A látás segíti leginkább a robotot a tájékozódásban.

A természet által használt érzékelés esetében, ahhoz hogy egy élőlény az így nyert információkat gyorsan értelmezni tudja, annak egyszerűsítésére van szüksége. A robotok esetében is szükség van a kamera képének feldolgozására. A képek feldolgozását nem a robot végzi, hanem a robottól távol lévő számítógépen futó alkalmazás. A folyamat tehát az, hogy a robot rögzíti a képet, továbbítja a számítógépnek, az feldolgozza, majd visszaküldi a robotnak a vezérlő utasítást. Ez az utasítás lehet egy elmozdulás, vagy ha a kapott kép nem megfelelő, akkor egy újabb kép kérése, ugyanabból a pozícióból, vagy egy másikból. A kamera elfordíthatósága biztosítja azt, hogy a robot elmozdítása nélkül is kaphassunk új képet ugyanarról a tárgyról, de más nézetből. Az eljárások implementálása [3] és [10] forrás alapján készültek.

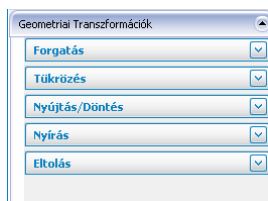
5.1. A megvalósított eljárások



27. ábra A képmódosító eljárások kategóriái

A számítógépen futó alkalmazás számos képfeldolgozási eljárást megvalósít: a képek geometriai transzformációin túl, a hibajavításon keresztül, a képek legkülönbözőbb átalakítási lehetőségéig. Ezeket a kategóriákat mutatja a 27. ábra. A helytakarékoság céljából, az informális leírás mellett itt kerül bemutatásra az alkalmazásban szereplő képernyőképek.

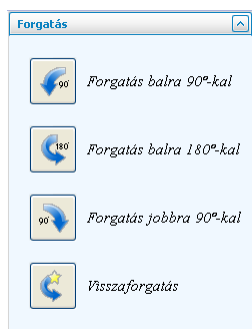
5.1.1. Geometriai transzformáció



28. ábra Geometria transzformációk kategóriái

Lehetőség van a képeken geometriai transzformációkat végezni. Az alkalmazás által megvalósított geometriai transzformációk listáját a 28. ábrán láthatjuk. Ezek a transzformációkat nem használtuk fel, a képek feldolgozásában nem játszanak szerepet, de a teljesség okán implementáltuk.

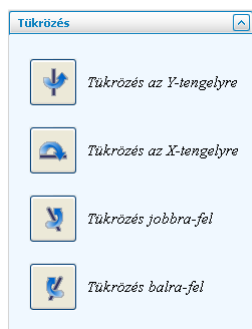
5.1.1.1. Forgatás



29. ábra Forgatás

Az egyik legalapvetőbb geometriai transzformáció a forgatás. Lehetőség van a képet 90° -os egységekben forgatni, így tehát a képet elforgathatjuk az óramutató járásával ellentétesen 90° -kal, 180° -kal, az óramutató járásával megegyezően 90° -kal, illetve eredeti állásba visszafordítani, ahogy az a 29. ábrán látható.

5.1.1.2. Tükrözés

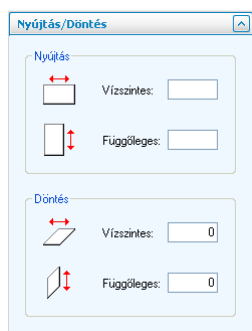


30. ábra Tükrözés

Egy másik alapvető geometriai transzformáció a tükrözés. Lehetőség van a képnek függőleges, vízszintes, illetve átlós tengelyre való tükrözésére. Ezt mutatja a 30.ábra. Az átlós tengelyre való tükrözés nem más, mint egy vízszintes (, vagy függőleges) tengelyre való tükrözés, majd egy 90°-kal történő megfelelő irányba való elforgatás.

5.1.1.3. Nyújtás, döntés

A kép dimenzióját változtathatjuk meg a nyújtással, illetve a kép egyik oldalát eltolhatjuk, ezáltal dönthetjük a képet. (31.ábra) A képről nem történik levágás.



31. ábra Nyújtás, döntés

- **Nyújtás:** a kép új mérete képpontokban **Vízszintes** és **Függőleges** irányban.
- **Döntés:** a döntés mértéke fokban **Vízszintes** és **Függőleges** irányban.

5.1.1.4. Nyírás

A kép méretét változtathatjuk meg úgy, hogy levágjuk a szükségtelen részeket. Ez látszik a 32.ábrán. A megadandó értékek mindig a megmaradó részre vonatkoznak és képpontban értendők.

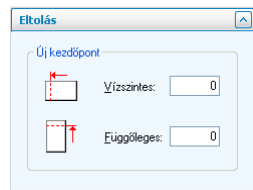


32. ábra Nyírás

- **Kezdőpont:** a kép új kezdőpontjának **Vízszintes** és **Függőleges** koordinátája. Eltolíthatjuk a kép felső és bal oldali részét.
- **Méretek:** a kép új **Szélessége** és **Magassága**. Megadhatjuk a kép új méretét a kezdőponttól (megmaradó részét).

5.1.1.5. Eltolás

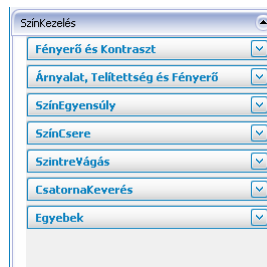
A képet eltolhatjuk a kezdőpont eltolásával. (33.ábra)



33. ábra Eltolás

- **Kezdőpont:** a kép új kezdőpontjának **Vízszintes** és **Függőleges** koordinátája képpontban.

5.1.2. Színkezelés

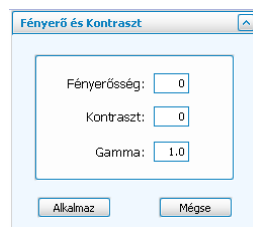


34. ábra Színkezelő módszerek

Nagyon sokszor szükség lehet a színek korrigálására. Ebbe beletartozik az, hogy az egyszerűbb feldolgozás érdekében csökkentjük a színek számát, vagy a jobb feldolgozás érdekében globálisan megváltoztatjuk a képpontok színének valamelyik paraméterét, de lehetőség van a színeknek más színre való cserélésére is. Ezeknek a módszereknek a listáját tartalmazza a 34. ábra.

5.1.2.1. Fényerő és kontraszt

A bittérkép színeinek fényerejét, kontrasztját és gamma értékét változtathatjuk meg. A beállítható paramétereket a 35. ábra mutatja.



35. ábra Fényerő és kontraszt megváltoztatása

- **Fényerő(sség):** a bittérkép színei egyenlő arányban világosíthatjuk, vagy sötétíthetjük. Ez a paraméter tulajdonképpen az egész kép kivilágosítására, besötétítésére szolgál. Értéke: -100 és +100 közötti egész.
- **Kontraszt:** a kép legvilágosabb és legsötétebb árnyalata közötti különbséget növelhetjük, vagy csökkenthetjük. Az érték változtatásával a kép beszürkül, vagy élesebbé válnak a fény-árnyék különbségek. Értéke: -100 és +100 közötti egész.
- **Gamma:** segítségével úgy módosíthatjuk egy kevésbé kontrasztos ábra árnyalatait, hogy közben nem változnak meg a sötét és világos tónusok. Ez a módszer azon alapul, hogy az emberi szem a színárnyalatokat mindig a környező színekhez viszonyítva érzékeli (pl. egy szürke kört világosabban érzékelünk akkor, ha egy fekete háttér előtt helyezzük el, mint akkor, ha ugyanezt a szürke kört egy fehér háttér elé rakjuk). Ha az értéket csökkentjük, a középtónusok besötétednek, ha növeljük, akkor pedig kivilágosodnak. Értéke: 0,1 és 9,99 közötti.

5.1.2.2. Árnyalat, telítettség és fényerő

A bittérkép színeit színárnyalat, telítettség és fényerő (Hue-Saturation-Lightness) értékek segítségével változtathatjuk meg. Ez a funkció jól használható a színek intenzitásának, fényerejének megváltoztatására, de alkalmas a színárnyalatok drasztikus módosítására is. A változtatható paramétereket a 36. ábra mutatja.

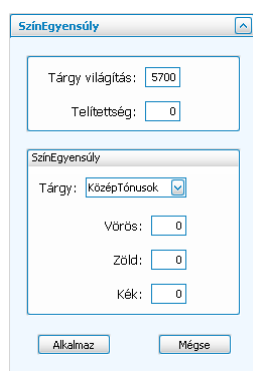


36. ábra Árnyalat, telítettség és fényerő megváltoztatása

- **Színárnyalat:** eltolhatjuk a kép színeit a színekör kerülete mentén. A művelet során a színek egymáshoz viszonyított helyzete nem változik meg. Értéke: -180 és +180 közötti egész.
- **Telítettség:** a színek erején változtathatunk. Ha növeljük az értékét, a kép színei egyre élénkebbek lesznek. Az érték csökkentésével elvehetünk a színek erősségéből. Értéke: -100 és +100 közötti egész.
- **Fényerő (fényesség):** egyenletesen világosíthatjuk, vagy sötétíthetjük a képet. Értéke: -100 és +100 közötti egész.

5.1.2.3. Színegyensúly

Eltolhatjuk a kép színeit, például csökkenthetjük vagy növelhetjük egy RGB képben a vörös, a zöld és a kék színek arányát. Az ablakban található értékek módosításával az RGB és a CMY színösszetevők között "tologathatjuk" a kép színeit. Ez a funkció jól használható az egész kép színárnyalatainak a megváltoztatására. Például, ha egy kép túl vörös, eltolhatjuk a vörös összetevőt a cián szín irányába, csökkentve ezzel a kép vörösségét. A beállítható paramétereket a 37. ábra mutatja.



37. ábra Színegyensúly megváltoztatása

- **Tárgy világítás:** a fényforrás erőssége; ezzel adható meg, hogy a fényforrás hatása milyen távolságokban lesz még érzékelhető. Az érték 0-ra való állításával természetes fényt állíthatunk be. Értéke: 0 és 9900 közötti egész.
- **Telítettség:** a fényforrás színére utaló érték, mellyel megadható, hogy milyen mértékű színeltolást végez a megvilágított tárgyakon a fénypont. Negatív érték megadása esetén fénynyelő pontot adhatunk meg. Értéke: -100 és +100 közötti egész.
- **Tárgy:** ezzel adhatjuk meg, hogy a kép mely részeire legyenek érvényesek a változtatások:
 - Az **árnyékok** mezőt választva, az eljárás a sötétebb, árnyékos területeken végzi a színeskorrekciót. Ha nem ez van kiválasztva, a színeskorrekció nincs hatással ezekre a területekre.
 - A **középtónusok** mezőt választva, az eljárás a középtónusú (se nem világos, se nem sötét) területek színeskorrekcióját végzi el. Egyébként, ezekre a területekre nem vonatkozik a színeskorrekció.
 - A **fénypontok** mezőt választva, az eljárás megváltoztatja a fényes, világos területek színeit, egyébként pedig érintetlenül hagyja ezeket a részeket.

- A színek korrekciójára szolgáló értékek változtatásának hatása:
 - **Cián-vörös mező:** a cián, vagy a vörös színek irányába tolhatjuk el a kép színeit, kiegyenlítve ezzel a színeltéréseket. Ha a vörös színárnyalatok arányát szeretnénk csökkenteni, akkor az értéket csökkentjük; az értéket növelve, a cián színösszetevő arányának csökkentésével, a vörös színek arányát növel(het)jük.
 - **Bíbor-zöld mező:** a bíbor és a zöld színösszetevők arányát változtathatjuk meg. Ha a zöld színárnyalatok mennyiségét szeretnénk csökkenteni, az értéket csökkenteni kell. A bíbor színárnyalatok mennyiségének csökkentéséhez növelni kell az értéket.
 - **Sárga-kék mező:** a sárga és a kék szín arányának a megváltoztatására szolgál. Ha az értéket csökkentjük, a színeket a sárga szín irányába toljuk, melylyel a kék színek aránya csökken, ha pedig növeljük, akkor a színeket a kék irányába toljuk, ezzel a sárga színek aránya csökken.

A paraméterek értékei: -100 és +100 közötti egészek.

5.1.2.4. Színcsere

A bittérkép színeit cserélhetjük egy másik színre. A beállítható paramétereket a 38. ábra mutatja.

38. ábra Színcsere paraméterei

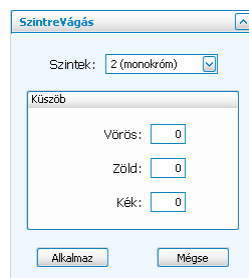
- **Eredeti színre vonatkozó paraméterek:**
 - **Szín:** az az alapszín, melyet meg kívánunk változtatni.
 - **Elmosódás:** az alapszíntől való eltérést (túrést) adhatjuk meg. Értéke: 0 és 200 közötti egész.

- **Az új szín paraméterei:**

- **Szín:** az új szín, melyre a régi színeket szeretnénk cserélni.
- **Színárnyalat:** a régi színt eltolhatjuk a színekör kerülete mentén.
Értéke: -180 és +180 közötti egész.
- **Telítettség:** a régi szín erején változtathatunk. Ha növeljük az értékét, a szín egyre élénkebb lesz. Az érték csökkentésével elvehetjük a szín erősségéből.
Értéke: -100 és +100 közötti egész.
- **Fényerő (fényesség):** a régi színt világosíthatjuk, vagy sötétíthetjük.
Értéke: -100 és +100 közötti egész.

5.1.2.5. Szintrevágás

Az egymáshoz hasonló színárnyalatokat egyetlen színné alakíthatjuk át, csökkentve ezzel a kép színeinek a számát. Ez a művelet egyszerűsíti a képet, mivel a sok árnyalatot tartalmazó részeket egyenletes színekké alakítja át. A beállítható paramétereket a 39. ábra mutatja.



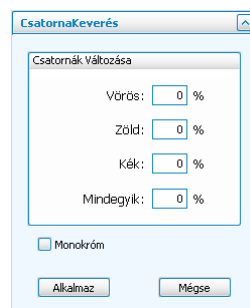
39. ábra Szintrevágás paraméterei

- **Szintek:** Az elkülönítendő színek számát adhatjuk meg. A szinteket azonos méretű tartományokra osztja fel. Ettől eltérő csak 2 szint esetében lehet, ahol a tartományok határát manuálisan is be lehet állítani. A beállítható szintek:
 - **2 szín (monokróm)**
 - **4 szín**
 - **8 szín**
 - **16 szín (normál VGA)**
 - **256 színű szürke (normál)**
 - **256 színű szürke (korrigált):** korrigált lineáris skálát használ, mely az emberi szem számára természetesebb.
 - **256 színű színes**

- **256 színű vörös**
- **256 színű zöld**
- **256 színű kék**
- **65.536 színű színes**
- **16.7 millió színű (valós)**
- **egyéb:** tetszőlegesen beállítható a szintek száma
- **Küszöb:** monokróm(fekete-fehér) esetén beállítható a szintrevágás határát képviselő szín. Ez alatt a szín alatti –azaz az RGB értékben „kisebb”– színek feketék, míg fölötté lévő –RGB értékben „nagyobb”– színek fehérek lesznek. Pontosabban a határszintől ezen értékekben páronként történő eltérés előjelétől függően, ha pozitív fehér, egyébként fekete.
 - **Vörös:** a határszín vörös szín komponensének értéke. Értéke: 0 és 255 közötti egész.
 - **Zöld:** a határszín zöld komponensének értéke. Értéke: 0 és 255 közötti egész.
 - **Kék:** a határszín kék komponensének értéke. Értéke: 0 és 255 közötti egész.

5.1.2.6. Csatorna keverés

A bittérkép színeit változtathatjuk meg csatornánként. Az egyes csatornák színtkomponens értékeinek százalékban történő változtatása végezhető el. A beállítható paramétereket a 40. ábra mutatja.



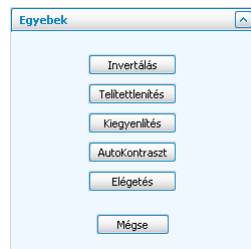
40. ábra Csatorna keverés paraméterei

- **Csatornák változása:**
 - **Vörös:** a vörös színtkomponens megváltoztatásának mértéke, százalékban. Értéke: -100 és 200 közötti egész.
 - **Zöld:** a zöld színtkomponens megváltoztatásának mértéke, százalékban. Értéke: -100 és 200 közötti egész.

- **Kék:** a kék színtkomponens megváltoztatásának mértéke, százalékban.
Értéke: -100 és 200 közötti egész.
- **Mindegyik:** az összes színcsatorna megváltoztatásának mértéke, százalékban.
Értéke: -100 és 200 közötti egész.
- **Monokróm:** ebben az esetben 2 színű képet kapunk.

5.1.2.7. Egyebek

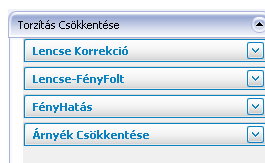
Az egyéb színekkel kapcsolatos transzformációk.



41. ábra Egyéb színmódosító módszerek

- **Invertálás:** előállíthatjuk a kijelölt bittérkép negatívját. A művelet során a fekete részek fehérre, a fehér színek feketévé változnak, a sötét színek kivilágosodnak, a világos színek pedig besötétednek.
- **Telítetlenítés:** a színek erejét lehet csökkenteni, úgy hogy a magas telítettségű színek erejét a kisebbek szintjére csökkentjük.
- **Kiegyenlítés:** az egymástól nagyon eltérő színeket lehet egyensúlyba hozni.
- **Autokontraszt:** a kép világos és sötét részei közötti eltérést csökkenthetjük. A kép nagy kontraszttal rendelkező részeit kiegyenlíthetjük, egyensúlyba tudjuk hozni. A kép egészéhez nézve nagy kontraszttal rendelkező színpárok értékeit hozza közelebb egymáshoz
- **Elégetés:** a kép és a negatívjának a keveréke. Hasonló ahhoz, mint amikor a fényképet hosszabb ideig a tűző napra helyezzük, vagy mint amikor a film rövid ideig fényt kap. Hatása egyenletes a teljes képen.

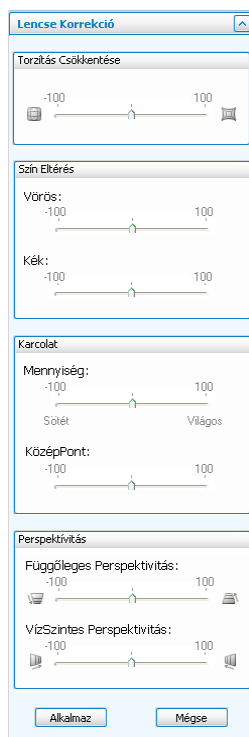
5.1.3. Torzítás csökkentés



42. ábra Torzítás csökkentés kategóriái

A környezeti hatások, illetve a kamera lencséjének hibájából a képen számos torzítás adódhat. A környezetből adódó hibákat, –amelyeket csak túlzással nevezhetünk torzításnak– nagy részét a megvilágítás, vagy a hő okozza. Ha a fény közvetlenül éri a lencsét szórtan, vagy koncentráltan, vagy az egyes tárgyak árnyékot vetnek a képen, a feldolgozás szempontjából problémát jelentenek. Ekkor ugyanis egy a környezettől nagyban eltérő része a képnek, a feldolgozás után külön objektumként jelenik meg, ezért ezeket a hibákat mindenképp meg kell próbálni csökkenteni, ha lehetséges, akkor kiküszöbölni. A torzítási hibák csökkentésének lehetőségeit a 42. ábra láthatjuk.

5.1.3.1. Lencse korrekció



43. ábra Lencsehibák korrekciójának lehetőségei

Ez a funkció tulajdonképpen egy optikai műhely, ahol minden lencsével kapcsolatos torzulást, módosulást javíthatunk. Segít minket, hogy az egyenes vonalak valóban egyenesek legyenek, így a képet könnyedén beforgathatjuk a pontos szögbe. A kamera lencsetorzulásait

is könnyedén kijavíthatjuk ezzel a funkcióval. Emellett a perspektivikus torzulást, a kromatikus aberrációt (a vörös-cián és a kék-sárga szegélyek javítása, ahol túl fényes a kép), vignetta, stb. problémákat is megoldhatjuk.

- **Torzítás csökkentése:** A képmező elhajlás (disztorzió) során a lencse optikai tengelyére merőleges, nagy kiterjedésű sík tárgy leképezése során a fénysugarak útja meghajlik az objektívon belül, a tárgyról keletkező képpontok ezáltal nem egy síkban, hanem (általában) görbe felületen keletkeznek. Ekkor két jellegzetes forma, hordó, vagy párna alakú torzítás alakulhat ki. Ezeknél a nagyítás a kép különböző részein nem egyforma. A hordó alakú torzításnál a nagyítás közepén nagyobb, mint a széleken, a párna alakúnál pedig fordítva, a széleken nagyobb. Ennek oka, hogy a lencse optikai tengelyétől távolodva a lencse nagyítása változik; hordószerű torzítás akkor keletkezik, ha a lencse külső részének nagyítása kisebb, míg párna alakú torzítás akkor lép fel, ha a külső részek nagyítása nagyobb. A kép ilyen jellegű torzulásait javíthatjuk ezzel a funkcióval, a képen látható homorú, illetve domború hatást csökkenthetjük. A kép szélén látható hajlást a közeli éllel párhuzamossá tudjuk tenni, így redukálva a lencse torzító hatását. A csúszka balra tolásával a kép homorúságát csökkenthetjük azáltal, hogy a képet domborítjuk. A csúszka jobbra mozgatásával a kép domborúságát csökkenthetjük azáltal, hogy homorítjuk.

Értéke: -100 és +100 közötti egész.

- **Szín eltérés:** A kromatikus aberráció (longitudinális vagy transzverzális színi hiba) fennállása esetén a leképezett képnek színes szegélye van, bár a tárgynak nincs. Ennek oka, hogy a lencsék, akár csak a prizmák, másképp törik meg a különböző hullámhosszú fénysugarakat. Legjobban a rövidebb hullámhosszú fénysugarakat törli meg, míg a hosszabb hullámhosszú fénysugarakat legkevésbé. Ezért az ibolyaszínű fénysugarak gyújtópontja az objektívhez közelebb, míg a vörös színűek gyújtópontja távolabb esik. Így tulajdonképpen nem egyetlen gyújtópont van, hanem a gyújtópontok sorozata. Kromatikus aberráció miatt, fehér fénnel történő leképezés során keletkezett kép különböző részei különbözőképpen színeződnek el. Fizikális javítása úgy történik, hogy gyűjtő- és szórólencsét tesznek egymás mögé –, összetett lencsét képeznek –, így az ellentétes diszperziók kijavítják a hibát. Csak 2, legfeljebb 3 színre lehetséges ez a javítás, mivel többre már megszűnne a lencserendszer törőképessége. Tehát a lencse torzulása, egyenetlensége, illetve a lencsébe érkező külön-

- **Cián-vörös mező:** a cián, vagy a vörös színek irányába tolhatjuk el a kép színeit, kiegyenlítve ezzel a színeltéréseket. Ha a vörös színárnyalatok arányát szeretnénk csökkenteni, akkor a csúszkát jobbra toljuk el; a csúszkát balra mozgatva, a cián színösszetevő arányának csökkentésével, a vörös színek arányát növelhetjük.
- **Sárga-kék mező:** a sárga és a kék szín arányának a megváltoztatására szolgál. Ha a csúszkát balra toljuk el, a színeket a sárga szín irányába toljuk, mellyel a kék színek aránya csökken, ha pedig a csúszkát jobbra mozgatjuk, akkor a színeket a kék irányába toljuk, ezzel a sárga színek aránya csökken.

A paraméterek értéke -100 és +100 közötti egész.

- **„Karcolat”(Vignetta):** A kép közepétől a széle felé körkörösén tapasztalható folyamatos sötétedést, illetve világosodást tudjuk csökkenteni. A középpontban ez a hatás nem érzékelhető. A vignetta hatás, amit a középpontból a kép széle felé haladva tapasztalunk.

- **Mennyiség (mérték):** A csúszkát balra mozgatva a világos vignetta hatást csökkenthetjük, azáltal hogy a középponttól a kép széle felé haladva folyamatosan –, növekvően– és körkörösén sötétítjük a képet. Ha a csúszkát jobbra toljuk, a sötét vignetta hatást csökkenthetjük (csőhatást) azáltal, hogy a kép szélét folyamatosan a széle felé körkörösén világosítjuk. A középponton belüli részben nem történik változás.

Értéke: -100 és +100 közötti egész.

- **Középpont:** A középpont átmérője, melyben a vignetta hatás nem tapasztalható. A csúszkát balra tolva, a középpont átmérőjét csökkenthetjük, ha pedig a csúszkát jobbra mozgatjuk, akkor a középpont méretét növelni tudjuk.

Értéke: -100 és +100 közötti egész.

Alapértelmezett értéke: 0, mely egy 100 pontnyi átmérőjű középpont.

- **Perspektivitás:** A „nagy” kiterjedésű távoli objektumokról készített képek esetén megfigyelhető a perspektív torzító hatás, melyet ezzel a funkcióval tudunk csökkenteni.

- **Függőleges perspektivitás:** A kamera tengelyét és a tengelyre vízszintesen merőleges egyeneseket tartalmazó síkkal párhuzamos síkok egyenesei a kamerától távolodva egymáshoz közelednek, míg a kamerához közeledve egymástól távolodnak. Ezt a jelenséget nevezzük függőleges perspektivikus torzításnak, vagy egyszerűen csak függőleges perspektivitásnak. A kamera tengelye és a tengelyre vízszintesen merőleges egyeneseket tartalmazó sík egyenesei esetében ez a hatás nem tapasztalható. Ezt a kellemetlen hatást csökkenthetjük ezzel a funkcióval. A csökkentés a kép –mint sík–, annak vízszintes felezővonala –mint tengely– körüli térbeli elforgatásával történik. Ha a csúszkát balra toljuk el, a forgatás az óramutató járásával ellentétesen történik, melynek hatására a kép „lefelé” szűkül, a csúszkát jobbra mozgatva a forgatás az óramutató járásával egyező irányba történik, melynek hatására a kép „felfelé” szűkül.

Értéke: -100 és +100 közötti egész.

- **Vízszintes perspektivitás:** A kamera tengelyét és a tengelyre függőlegesen merőleges egyeneseket tartalmazó síkkal párhuzamos síkok egyenesei a kamerától távolodva egymáshoz közelednek, míg a kamerához közeledve egymástól távolodnak. Ezt a jelenséget nevezzük vízszintes perspektivikus torzításnak, vagy vízszintes perspektivitásnak. A kamera tengelye és a tengelyre függőlegesen merőleges egyeneseket tartalmazó sík egyenesei esetében ez a hatás nem tapasztalható. Ezt a kellemetlen hatást csökkenthetjük ezzel a funkcióval. A csökkentés a kép –mint sík–, annak függőleges felezővonala –mint tengely– körüli térbeli elforgatásával történik. Ha a csúszkát balra toljuk el, a forgatás az óramutató járásával ellentétesen történik, melynek hatására a kép „jobbra” szűkül, a csúszkát jobbra mozgatva a forgatás az óramutató járásával egyező irányba történik, melynek hatására a kép „balra” szűkül.

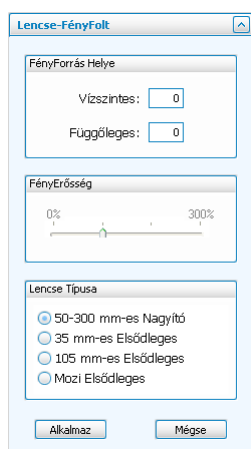
Értéke: -100 és +100 közötti egész.

5.1.3.2. Lencse-fényfolt

A kóma (üstökös hiba) optikai értelemben egy lencsehiba, mely során a főtengelytől távoli pontból nagyon ferdén és nagy nyílásszögben érkező fénysugarak az ernyőn pontszerű kép helyett üstökös csóvához hasonlító fényfoltot alkotnak. A kóma oka az, hogy a tárgy-

pontból kiinduló sugarak a lencsén különböző mértékű eltérítést szenvednek. A lencse külső részei által meghatározott szóródási körök középpontjai a fénysugár nagy beesési szöge esetén nem esnek egybe a lencse beljebb lévő részei által rajzolt szóródási körök középpontjaival, így a végeredmény nem egy szabályos szóródási kör, hanem az elméleti találkozási pontból kiinduló üstökösszerű csóva lesz. Elsősorban a nagy fényerejű, nagy látószögű objektíveknel figyelhető meg, leginkább a képmező széle felé. A teljesen szimmetrikus felépítésű objektívek gyakorlatilag kómamentesek.

Ehhez hasonló jelenség, amikor egy fényes kör alakul ki, mely a széle felé halványodik, ez a szférikus aberráció. A szférikus aberráció oka, hogy a lencse optikai tengelyének közvetlen szomszédságában és a szélső részein a gyújtótávolság nem azonos. A gyújtólencsénél a lencse szélén áthaladó fénysugár nagyobb törést szenved, mint az optikai tengely közelében áthaladó sugár. Az optikai tengelytől távolodva a lencse gyújtótávolsága egyre csökken. Így a tárgy bármelyik pontjából kiinduló, a lencse optikai tengelyének közelében és a szélein áthaladó fénysugarak nem egy pontban egyesülnek, hanem az elméleti egyesülési pont körül egy szóródási kört rajzolnak. Ezeknek a hibáknak a hatását csökkenthetjük ezzel az eljárással. A megadható paraméterek látszanak a 44. ábrán.



44. ábra Lencse-fényfolt hatásának csökkentési módja

- **Fényforrás helye:** A fényforrás vetület középpontjának helye a képen.
 - **Vízszintes:** Fényfolt középpontjának vízszintes koordinátáját adhatjuk meg, mely a képen képpontban értendő.
Értéke: 0 és a kép vízszintes felbontása közötti egész.
 - **Függőleges:** Fényfolt középpontjának függőleges koordinátáját adhatjuk meg, mely a képen képpontban értendő.
Értéke: 0 és a kép függőleges felbontása közötti egész.

- **Fényerősség:** A fénynek az erősségét adhatjuk meg, mely a fényfoltot veti. Értéke: 0 és 300 közötti egész, mely százalékban értendő.
- **Lencse típusa:** Mivel a fényfolt jellegét, a lencse határozza meg, ezért szükséges ismerni, hogy milyen lencsét használunk. Ezt a paramétert adhatjuk meg itt.
 - **50-300 mm-es nagyító**
 - **35 mm-es elsődleges**
 - **105 mm-es elsődleges**
 - **mozi elsődleges:** speciális lencsetípus, mely nem foltokat, hanem keresztesző vonalakat eredményez

5.1.3.3. Fényhatás

Különböző megvilágítások által okozott hatásokat csökkenthetjük. A megvilágítás hatására a kép egyes részei túl világosak, míg más helyeken túl sötétek lesznek. Ezek a különböző típusú fények az irányított, szórt, és pont (vagy kör) megvilágításból származhatnak. A különböző típusú fényeknek különbözők a jellemzőik, és paramétereik, ez látszik a 45. ábrán.

The image shows three side-by-side screenshots of the 'FényHatás' (Light Effect) dialog box, each with a different 'Fény Típusa' (Light Type) selected in the dropdown menu.

- Left screenshot (Irányított):** The 'FényForrás Jellemzői' (Light Source Characteristics) section is active. It includes a 'Szín' (Color) dropdown set to 'White', an 'Irány' (Direction) input set to 315°, a 'Magasság' (Height) input set to 25, and an 'Intenzitás' (Intensity) slider ranging from -100 to 100.
- Middle screenshot (Szórt):** The 'FényForrás Jellemzői' section is active. It includes a 'Szín' dropdown set to 'White', an 'Irány' input set to 315°, a 'Távolság' (Distance) input set to 25, and an 'Intenzitás' slider ranging from -100 to 100. Below this, the 'Fény Vetületének Helye' (Light Projection Location) section is active, showing 'Vízszintes' (Horizontal) and 'Függőleges' (Vertical) inputs both set to 0.
- Right screenshot (Pont):** The 'FényForrás Jellemzői' section is active. It includes a 'Szín' dropdown set to 'White', an 'Irány' input set to 315°, and an 'Intenzitás' slider ranging from -100 to 100. Below this, the 'Fény Vetületének Helye' section is active, showing 'Vízszintes' and 'Függőleges' inputs both set to 0. At the bottom, the 'Fény Vetületének Jellemzői' (Light Projection Characteristics) section is active, showing 'Átmérő1' (Diameter1) set to 75, 'Átmérő2' (Diameter2) set to 100, and a 'Fókusz' (Focus) slider ranging from -100 to 100.

Each dialog box has 'Alkalmaz' (Apply) and 'Mégse' (Cancel) buttons at the bottom.

45. ábra Különböző típusú fényforrások és azok jellemzői

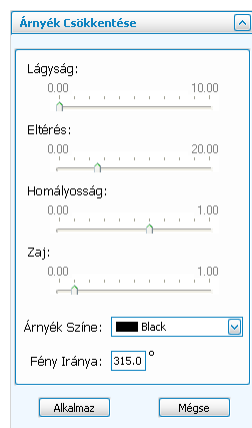
- **Irányított fény:** Az irányított fény egy irányba terjedő kezdetben minden pontjában homogén erősségű fény, mely erőssége a távolság növekedésével csökken.
 - **Szín:** A megvilágítás színe.
 - **Iránya:** Az irány, melybe a fénynyalábok terjednek. Értéke: 0 és 360 közötti egész, mely fokban értendő.

- **Magasság:** A fényforrás magassága.
- **Intenzitás:** A fényforrás intenzitás értéke. A csúszkát balra mozgatva a fény intenzitása csökkenthető, míg jobbra tolva az intenzitás értéke növelhető. A negatív érték, a fénynyelő funkcióját képviseli.
Értéke: -100 és +100 közötti egész.
- **Szórt fény:** A szórt fény minden irányba terjedő, kezdetben minden pontjában homogén erősségű fény, mely erőssége a távolság növekedésével csökken.
 - **Szín:** A megvilágítás színe.
 - **Iránya:** Irány, mely a fényforrás felületére merőleges, kezdetben a fény haladási irányával megegyező. Értéke: 0 és 360 közötti egész, mely fokban értendő.
 - **Távolság:** A fényforrás távolsága a megvilágított felülettől.
 - **Intenzitás:** A fényforrás intenzitás értéke. A csúszkák balra mozgatva a fény intenzitása csökkenthető, míg jobbra tolva az intenzitás értéke növelhető. A negatív érték, a fénynyelő funkcióját képviseli.
Értéke: -100 és +100 közötti egész.
 - **Fény vetületének helye:** A fényforrás középpontjából a felületre merőleges sugár képen való vetületének pozíciója képpontban vízszintes, illetve függőleges irányban.
- **Pont (körkörös) megvilágítás:** A fényforrásból kiinduló homogén –nem változó– erősségű megvilágítás. A fénysugarak a felületből kilépve nem veszítenek erősségükből, viszont a megvilágító felület, mint körlap mentén, a középpontból távolodva gyengülő erősséggel indulnak ki, és úgy viselkedik, mint a „szórt” fény olyan tekintetben, hogy minden irányba terjednek.
 - **Szín:** A megvilágítás színe.
 - **Iránya:** Irány, mely a fényforrás felületére merőleges, kezdetben a fény haladási irányával megegyező.
Értéke: 0 és 360 közötti egész, mely fokban értendő.
 - **Intenzitás:** A fényforrás átlagos intenzitás értéke. A csúszkát balra mozgatva a fény intenzitása csökkenthető, míg jobbra tolva az intenzitás értéke növelhető. A negatív érték, a fénynyelő funkcióját képviseli.
Értéke: -100 és +100 közötti egész.

- **Fény vetületének helye:** A fényforrás középpontjából a felületre merőleges sugár képen való vetületének pozíciója képpontban vízszintes, illetve függőleges irányban.
- **Fény vetületének jellemzői:** A fény viselkedésének vetületen való jellemzői.
 - **Átmérő1:** a fényforrás képen való vetületének, mint ellipszisnek az egyik átmérője.
 - **Átmérő2:** a fényforrás képen való vetületének, mint ellipszisnek a másik átmérője.
 - **Fókusz:** a fény vetület középpontjában a fény erőssége.
Értéke: -100 és +100 közötti egész.

5.1.3.4. Árnyék csökkentése

A fény útjában álló objektumok által vetett árnyékok zavaró hatását csökkenthetjük.



46. ábra Árnyék csökkentés módja

- **Lágyság:** Az árnyék keresésének „lágysága”, egy tűrés, mely az árnyék alakbeli eltérését lehet szabályozni. A csúszka balra tolásával, kevesebb alakhibát engedünk meg az árnyékban, a lágyság értékét csökkentjük. A csúszka jobbra mozgatásával több alakhibát engedünk meg az árnyékban, a lágyság értékét növeljük az árnyékban.
Értéke: 0 és 10 közötti 0,1 osztású szám.
- **Eltérés:** Az árnyék színétől való eltérés. Ugyanazon tárgy árnyékának színe nem azonos minden pontjában. A tárgy közelében, illetve a tárgy fénytől távolabbi részén sötétebb. Természetesen az irányból adódó színeltérés számolható. Az árnyék ettől eltérő mértékű színeltérését szabályozhatjuk ezzel a paraméterrel. A csúszka balra

tolásával, kevesebb színeltérést engedünk meg az árnyékban. A csúszka jobbra mozgásával több színeltérést engedünk meg az árnyékban.

Értéke: 0 és 20 közötti 0,1 osztású szám.

- **Homályosság:** Az árnyékos részeken bekövetkezett elmosódás, mértékét szabályozhatjuk. A felület, melyre az árnyék vetődik színben, és alakban nem homogén, ezért az árnyék sem homogén vetődik rá. A csúszka balra tolásával a homályosság mértéke csökkenthető, kisebb tűrést engedve meg az árnyékos felületen az ilyen eltérésekből, míg a csúszka jobbra mozgásával a homályosság mértéke növelhető, nagyobb tűrést engedve meg az ilyen jellegű eltérésekből az árnyékos felületen.

Értéke: 0 és 1 közötti 0,05 osztású szám.

- **Zaj:** A zavarok csökkentésére (világos folt, vagy egyenetlenség az árnyékban) szolgáló paraméter. A csúszka balra tolásával, kevesebb ponthibát engedünk meg az árnyékban, a zaj megengedett értékét csökkentjük. A csúszka jobbra mozgásával több ponthibát engedünk meg az árnyékban, a zaj megengedett értékét növeljük az árnyékban.

Értéke: 0 és 1 közötti 0,01 osztású szám.

- **Árnyék színe:** Az árnyék színét adhatjuk meg.
- **Fény iránya:** Az irány, melybe a fénynyalábok terjednek. Értéke: 0 és 360 közötti egész, mely fokban értendő.

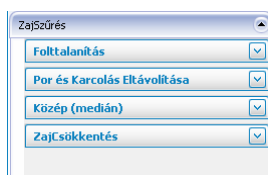
5.1.4. Zajszűrés

Aki fotózott már valaha digitális géppel és utána megnézte az elkészült fényképet, az valószínűleg találkozott már a digitális kép készítés egyik nagy átkával. A kamerák többsége ugyanis zajos képeket készít, és bár ez a zaj kisebb felbontásokban nem jelent akkora problémát, de komolyabb munkák során zavaró lehet.

A képet ért zavaró hatásokat **zajnak** nevezzük. A zajt a képfeldolgozás előtt el kell távolítani a képről, vagy legalábbis minimalizálni kell. Ezt a műveletet **zajszűrésnek** nevezzük. A legtöbb hibajavítás elvégezhető a zajszűréssel mind a *frekvencia*, mind pedig a Fourier transzformáció előtt, azaz a képtartományban. A frekvenciatartományban végrehajtott szűrés alkalmas jól meghatározott frekvenciájú periodikus zajnak a képből történő kiszűrésére. A zajszűrő függvényeket **aluláteresztő szűrőknek** és az eljárást **aluláteresztő szűrésnek** (lowpass filtering) is nevezik tekintettel arra, hogy a magas frekvenciás összetevőket kiszűrjük, míg az alacsonyabb frekvenciájú komponenseket változatlanul hagyják.

A képet érő zajok egy jelentős része abban nyilvánul meg, hogy megváltozik bizonyos képpontok világosságkódja. A zaj a világosságkódokban a véletlenszerű, hirtelen bekövetkező változást jelenti. A frekvenciatartományban való szűrésnek azonban lehet egy hátrányos következménye is, ui. az élek is „elmosódhatnak”. A zajszűrő függvényeket **aluláteresztő szűrők**nek nevezzük.

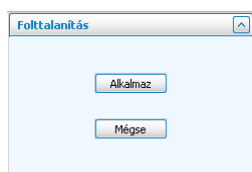
A *képtartományban* végrehajtott szűrés alapja a **konvolúció**. Az eljárás lényege, hogy minden világosságkódot helyettesítünk a képpont környezetéből vett konvolúciós szűrőmátrix által definiált súlyozott értékkel. A konvolúciós szűrő, tehát egy mátrix, mérete meghatározza az adott képpont figyelembe vehető környezetét (3×3 , 5×5 , stb.), míg a mátrix elemei ún. súlyozott együtthatóként funkcionálnak, hiszen a hozzátartozó képpont luminancia értékét ezzel a szorzóval veszi figyelembe. A mátrix sorait, oszlopait célszerű páratlan számra választani, mert ilyenkor úgy helyezhető a képpontokra, hogy középen lesz a vizsgált képpont. A gyakorlatban súlyozott átlagolás helyett a differencia operátort alkalmazzák, ezt pedig megfelelő konvolúciós szűrők alkalmazásával valósítják meg. Az alkalmazásban, csak néhány fontosabb zajszűrő módszer került implementálásra, ezeket a 47. ábra mutatja be.



47. ábra Zajszűrés módjai

5.1.4.1. Foltatlanítás

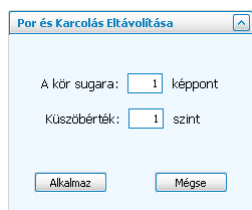
A foltatlanítással képünket homályosíthatjuk, miközben megtartjuk annak éleit. Ezzel a módszerrel eltávolíthatjuk a képen lévő foltokat. Ehhez a Butterworth szűrőt használtuk, amely kismértékben a magasfrekvenciás összetevőket is átengedi, így kevésbé homályosodik el a kép, és a sima átmenet miatt gyűrődés sem lép fel a képen. Ennek elvégzését a 48. ábrán láthatjuk.



48. ábra Foltatlanítás művelete

5.1.4.2. Por és karcolás eltávolítása

Ez a szűrő szolgál a képekről a karcolások, hajszálak, porszemcsék, moiré, stb. eltávolítására, mely adódhat a lencse sérüléséből, vagy a lencsére került szennyeződésből is. A folyamatos tónusú képek rácspontonként jelennek meg, amelyek interferálnak a felbontással, ezáltal létrehoznak egy ismétlődő zavaró mintát. Ezt nevezzük **moirénak**, amelynél a küszöbértéket célszerű 60 alá választani. Lehet, hogy a moiré nem minden színcsatornát érint egyformán, ilyenkor célszerű színcsatornánként szűrni. A beállítható paramétereket a 49. ábra mutatja.

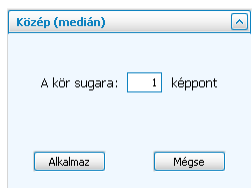


49. ábra Por és karcolás eltávolítás módszerének paramétereizhetősége

- **A kör sugara:** A radius érték megadásával határozzuk meg azt a kört, amelyben lévő pontokat vonja be az átlagolásba, kihagyva a kiugró szélsőségeket. A medián a radius sugarú körön belül adja a középpont színét. Az érték csökkentésével kevesebb környező pont vesz részt az átlagolásban, és lokálisabb lesz a középső pont színe, míg növelésével nagyobb tartomány alapján határozza meg a kérdéses pont színét. Értéke: 0 és 200 közötti egész érték.
- **Küszöbérték:** A kiugró pontok eltávolítása ez alapján a paraméterek alapján történik. Az érték alacsonyra választásával csak a kis színeltérésű pontokat vonjuk be a kérdéses pont kiszámítására. Az érték magasra választásával, magasabb színeltérésű pontokat –, de így akár más zajpontokat– is bevonunk az átlagolásba. Értéke: 0 és 10 közötti egész érték.

5.1.4.3. Közép (medián)

A median szűrő úgy zajtalanít, hogy minden képpont színét a szomszédos képpontok színeinek átlagolásával határozza meg. A beállítható paramétert az 50. ábra mutatja.



50. ábra Medián szűrő paramétereizhetősége

- **A kör sugara:** A radius érték megadásával határozzuk meg azt a kört, amelyben lévő pontokat bevonjuk az átlagolásba, kihagyva a kiugró szélsőségeket. A medián a radius sugarú körön belül adja a középpont színét. Az érték csökkentésével kevesebb környező pont vesz részt az átlagolásban, és lokálisabb lesz a középső pont színe, míg növelésével nagyobb tartomány alapján határozza meg a kérdéses pont színét. Értéke: 0 és 200 közötti egész érték.

5.1.4.4. Zajcsökkentés

Általános célú zajszűrést végezhetünk. A módszer paramétereizhetősége az 51. ábrán látható.

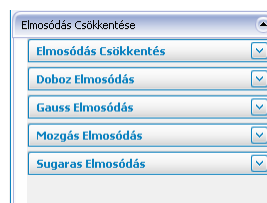
51. ábra Általános zajcsökkentő eljárás paramétereizhetősége

- **Mértéke:** Meghatározhatjuk a luminancia (fényerősség) zajcsökkentés mértékét az összes csatornára. Az értéket csökkentve, a mérték csökkenthető, a hatás kisebb lesz, az értéket növelve a mértéke növelhető, a zajcsökkentés erőssége növekszik. Értéke: 0 és 10 közötti egész.
- **Maradó részletek:** Meghatározhatjuk a megmaradó élek és kép részletek –, úgymint a kitöltő, vagy a szerkezeti objektumok– arányát. A 100% jelenti azt, hogy a legtöbb kép részletet meghagyja, de a legkevésbé csökkenti a zajt. A mérték és a maradó részletek állításával finomíthatjuk a zajcsökkentést. Az érték csökkentésével a kép részleteit egyre kevésbé hagyhatjuk meg, viszont a zajcsökkentést növelhetjük, míg az értéket növelve a kép részletesebb marad, de a zajcsökkentő hatás is csökken. Értéke: 0 és 100 közötti egész, mely százalékban értendő.
- **Színzaj csökkentése:** A véletlen képpont hibákat tüntethetjük el vele. Az értéket csökkentve kevesebb szín zajt távolíthatunk el, míg az érték növelésével, több szín zajt (ponthibát) küszöbölhetünk ki. Értéke: 0 és 100 közötti egész, mely százalékban értendő.

- **Éles részletek:** A zajcsökkentés eltávolítja a képen található éleket. Ezeket az éleket tudjuk visszaállítani ezzel a paraméterrel. Az érték csökkentésével az él visszaállítások száma fog csökkenni, míg a növelésével az él visszaállítások száma fog nőni. Értéke: 0 és 100 közötti egész, mely százalékban értendő.

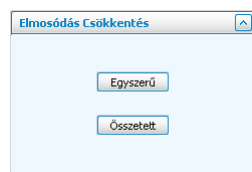
5.1.5. Elmosódás csökkentés

A kamera mozgásából adódóan, illetve a lencse előtt elmozduló tárgyak elmosódhatnak. Ugyanílyen jelenséget tapasztalhatunk, ha a kamerát gyorsan forgatjuk egy tengely körül. Ezeknek a zavaró tényezőknek a kiszűrését, csökkentését tudjuk itt elvégezni. Az elmosódás csökkentésének kategóriáit mutatja be az 52. ábra.



52. ábra Az elmosódás csökkentésének kategóriái

5.1.5.1. Egyszerű/összetett elmosódás csökkentés

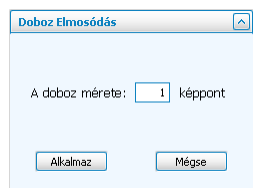


53. ábra Egyszerű és összetett elmosódás csökkentés alkalmazása

Ahol a képen jelentős színátmenetet tapasztalunk, ezzel az eszközzel csökkenthetjük, vagy eltávolíthatjuk a zajt. Az elmosódás csökkentés egyenletes átmenetet képez, a képpontok átlagától, a vonalak, és az árnyékos területek által meghatározott következő élig. Attól függően, hogy az elmosódás csökkentését hány irányból érkező információk felhasználásával szeretnénk elvégezni, –vagy mekkora méretű elmosódást szeretnénk csökkenteni,– beszélhetünk egyszerű és összetett elmosódás csökkentésről. (53. ábra)

- **Egyszerű:** Kisebb elmosódások csökkentése esetén tudjuk jól alkalmazni.
- **Összetett:** Több irányból érkező információk alapján csökkenti az elmosódást, nagyobb elmosódások esetén jól alkalmazhatjuk. Továbbá a finomabb részleteket is élesíti a program. Zajosabb képnél tartsuk szem előtt, hogy finom részletnek érzi a zajt is, így jócskán megnövekedhet a zajszint!

5.1.5.2. Doboz elmosódás



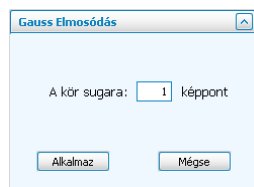
54. ábra A doboz elmosódás csökkentés paraméterezhetősége

Az elmosódások a szomszédos képpontok színérték átlaga alapján áll elő. Ezzel az eszközzel az elmosódást tudjuk csökkenteni, a megadott érték alapján meghatározott környező pontok elmosódásából vett kiemeléssel. Ezt az értéket az 54. ábrán látható módon tudjuk megadni.

- **A doboz mérete:** Az átlagolás során figyelembe vett szomszédos képpontok maximális távolsága. Az érték csökkentésével, a doboz mérete csökkenthető, kevesebb pont alapján történt az átlagolás, kisebb elmosódás, az érték növelésével, a doboz mérete növelhető, nagyobb elmosódás kiküszöbölésére adva lehetőséget.

Értéke: 0 és 200 közötti egész szám.

5.1.5.3. Gauss elmosódás



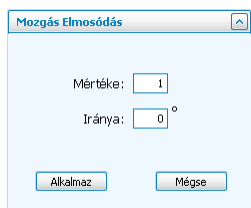
55. ábra A Gauss elmosódás csökkentés paraméterezhetősége

Hagyományos élesítés, átlagos, vagy nagy méretű képekhez. Jól kihozhatók vele az apróbb részletek is, de inkább a kép egészének élesítésére használható. A Gauss szűrő alapja a haranggörbe, amelyet a pontok súlyozására használ. A Gauss szűrőt az alacsony frekvenciás részletek, és a homályosság esetén tudjuk jól alkalmazni. Ennek a módszernek a paraméterezését az 55. ábrán láthatjuk.

- **A kör sugara:** Az átlagolás során figyelembe vett szomszédos képpontok maximális távolsága. Az érték csökkentésével, az átlagolásba bevont képpontok száma csökkenthető, kisebb elmosódást redukálva; az érték növelésével, a pontokat lefedő kör mérete növelhető, így nagyobb terület alapján történik az átlagolás.

Értéke: 0 és 200 közötti egész szám.

5.1.5.4. Mozgás elmosódás



56. ábra A mozgás elmosódás csökkentésének paraméterezhetősége

A kamera mozgása, illetve a lencse előtt elmozduló tárgy esetén bemozdulás fordulhat elő. Ezt csökkenthetjük ezzel a funkcióval. Az eljárás megadható paramétereit az 56. ábrán láthatjuk.

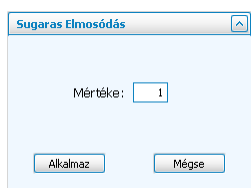
- **Mértéke(intenzitása):** Az elmosódás mértékét határozhatjuk meg ezzel a mennyiséggel. Az érték csökkentésével, kisebb mértékű elmosódás csökkentést végezhetünk, míg az érték növelésével, a nagyobb intenzitású elmosódásokat küszöbölhetünk ki.

Értéke: 1 és 999 közötti egész érték.

- **Írány:** Az elmosódás irányát határozhatjuk meg vele. Az érték csökkentésével, az elmosódás irányát az óramutató járásával megegyező irányba toljuk. Az érték növelésével, az elmosódás irányát az óramutató járásával ellenkező irányba mozgathatjuk el.

Értéke: -360 és +360 közötti egész, mely fokban értendő.

5.1.5.5. Sugaras elmosódás



57. ábra A sugaras elmosódás csökkentésének paraméterezhetősége

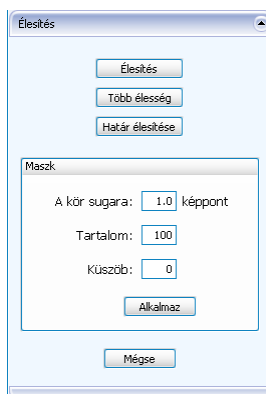
A lencse mozgatása közben fellépő sugár irányú elmosódásokat tudjuk csökkenteni. Az eljárás paraméterezhetőségét az 57. ábrán láthatjuk.

- **Mértéke(intenzitása):** Az érték csökkentésével, a sugaras elmosódás kisebb mértékben csökkenthető, az érték növelésével, az elmosódás nagyobb mértékben csökkenthető.

Értéke: 1 és 999 közötti egész érték

5.1.6. Élesítés

A kép alapvetően homályos, vagy más torzítás csökkentő módszerek hatására homályossá, kontraszttalanná válhat. Legtöbbször az jelent problémát, hogy az élek elmosódottak. Ezt a hatást csökkenthetjük. A különböző módszerek és az egyedi élesítéshez használható maszk paraméterezése az 58. ábrán látható.

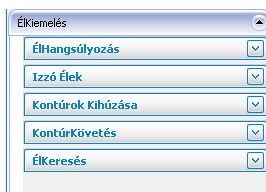


58. ábra Élesítés módszerei és a maszk paraméterezhetősége

- **Élesítés:** A legegyszerűbb élesítési eljárás, kis mértékű élesítést végezve el. Egymás után többször is alkalmazható.
- **Több élesség:** Egyre erősebb élesítési eljárás használatát kérhetjük, mellyel élesebb képet kaphatunk. Többször is alkalmazható egymás után.
- **Határ élesítése:** Sokszor csak a kép határán figyelhető meg az életlenség. Ezt a problémát itt tudjuk kezelni. Egymás után többször is alkalmazható.
- **Maszk:** Ez tulajdonképpen az „életlen maszk” szűrő eljárás alkalmazása. Ez a leggyakrabban használt élesítési alapeljárás. Segítségével részletesebben beállíthatók az élesítés erőssége, és a módosításba bevont képpontok száma.
 - **A kör sugara:** Az élesítés kiterjedését szabályozhatjuk, tizednyi pixel pontossággal. Az érték csökkentésével az élesítésben kevesebb képpont vesz részt, míg növelésével több képpont alapján végezhetjük az élesítést.
Értéke: 0,1 és 10,0 közötti 0,1 osztású szám.
 - **Tartalom(mérték):** Az élesítés erősségét állíthatjuk be.
Értéke: 1 és 500 közötti egész érték, mely százalékban értendő.
 - **Küszöb:** Az élesítésbe bevont képpontok mennyiségét adhatjuk meg. Alacsony értéknél a kép nagyobb részén, magasabbnál szám megadásával kisebb területen érvényesül az élesítés.
Értéke: 1 és 100 közötti egész érték

5.1.7. Élkiemelés

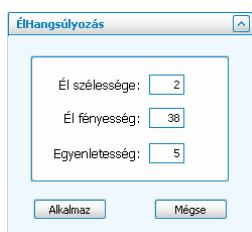
Szükségünk lehet, az objektumok találkozásánál található élek ismeretére. Ennek kiemelésére használhatunk néhány eszközt. A megvalósított élkiemelési módszereket az 59. ábrán láthatjuk.



59. ábra Élkiemelési módszerek

5.1.7.1. Élhangsúlyozás

Az élek kiemelésének egyik módszere az élhangsúlyozás. Ezzel a módszerrel az élek detektálását végezhetjük el, paraméterezését a 60. ábrán láthatjuk.

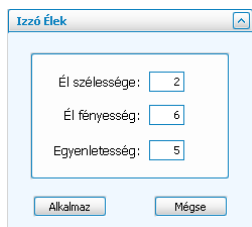


60. ábra Az élhangsúlyozás paraméterezhetősége

- **Él szélessége:** Az előállítandó élek szélességét határozhatjuk meg ezzel a paraméterrel. Az érték növelésével szélesebb éleket fogunk kapni, míg az érték csökkentésével az él vékonyítható.
Értéke: 1 és 14 közötti egész szám.
- **Él fényesség:** Az előállítandó élek fényességértékét adhatjuk meg. Az érték növelésével, az él hasonló lesz, mint a fehér kréta, míg az érték csökkentésével hasonlítani fog a fekete tintához.
Értéke: 0 és 50 közötti egész szám.
- **Egyenletesség:** Egyenletességi értéket, összemosást adhatunk meg az él, és az általa határolt terület között. Az érték csökkentésével az elmosás csökkenthető, az érték növelésével, az elmosás növelhető, amellyel a kontúr által határolt objektumot kiemelhetjük –az átlagszínével rajzolva meg.
Értéke: 1 és 15 közötti egész szám.

5.1.7.2. Izzó élek

Felismeri az éleket és neon színnel növeli azt meg. Egymás után többször is alkalmazható. A módszer paramétereizhetőségét a 61. ábra mutatja. A művelet eredményét a 78. ábra mutatja.

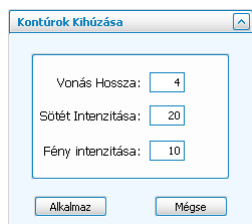


61. ábra Az izzó élek paramétereizhetősége

- **Él szélessége:** Az előállítandó élek szélességét határozhatjuk meg ezzel a paraméterrel. Az érték növelésével szélesebb éleket fogunk kapni, míg az érték csökkentésével az él vékonyítható.
Értéke: 1 és 14 közötti egész szám.
- **Él fényesség:** Az előállítandó élek fényességértékét adhatjuk meg. Az érték növelésével, az él színe eltolódik a fehér irányába, míg az érték csökkentésével az él egyre inkább sötétebb lesz, míg végül fekete színt fog felvenni.
Értéke: 0 és 20 közötti egész szám.
- **Egyenletesség:** Egyenletességi értéket, a környezettől való eltérést adhatjuk meg. Az érték csökkentésével több élt hagyhatunk meg, az érték növelésével, a tűrés csökkenthető, kevesebb él marad meg.
Értéke: 1 és 15 közötti egész szám.

5.1.7.3. Kontúrok kihúzása

A kép újrarajzolását végezhetjük el, vékony vonallal, az eredeti élek mentén, azonos színnel. A módszer megadható paramétereit a 62. ábrán láthatjuk.



62. ábra A kontúr kihúzó módszer paramétereizhetősége

- **Vonás hossza:** A szakaszok hossza, amelyekből előáll a kontúr. Az érték növelésével, a kontúr kevesebb vonalból fog állni, és esetleg darabos lesz. Az érték csökkentésével, több szakaszból fog állni a kontúr, pontosabb lesz, de belevehet egyéb nem a kontúrhoz tartozó pontokat is az eljárás.

Értéke: 1 és 50 közötti egész szám.

- **Sötét intenzitása:** A sötét színek kiemeléséhez, a sötétség intenzitásának mértéke. Növelésével, a sötét színek tartományát növelhetjük, az érték csökkentésével a tartományt redukálhatjuk.

Értéke: 0 és 50 közötti egész szám.

- **Fény intenzitása:** A megvilágított, pontosabban a képen található fényes részek intenzitásértéke. Növelésével több fényes részt emelhetünk ki, az érték csökkentésével kevesebb fényes rész kerül kiemelésre.

Értéke: 0 és 50 közötti egész szám.

5.1.7.4. Kontúrkövetés

Lehetőségünk van a kontúrok kiemelésére, amely szín a tárgyak határvonala, és a közvetlen szomszédos pontok által meghatározott szín lesz, a háttér színe pedig az alapszín lesz. Az eljárás megadható paramétereit a 63. ábra tartalmazza. A művelet eredményét a 79. ábrán láthatjuk.



63. ábra A kontúrkövetési eljárás paramérezhetősége

- **Élek:** Meghatározhatjuk, hogy az adott szint által meghatározott küszöb alatti, vagy feletti színértékekkel rendelkező éleket jelenítse meg az eljárás.
 - **Alsó élek:** A szint által meghatározott értéknél kisebb színértékekkel rendelkező élek megtartása.
 - **Felső élek:** A szint által meghatározott értéket meghaladó színértékekkel rendelkező élek megtartása.

- **Szintek:** Meghatározhatjuk azt a küszöbértéket, amelyhez viszonyíthatjuk a megmaradó éleket. Az érték csökkentésével a küszöb értéke csökkenthető, míg növelésével a küszöb emelhető.

Értéke: 0 és 255 közötti egész szám.

5.1.7.5. Élkeresés

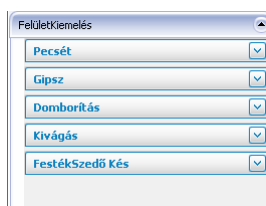


64. ábra Az élkeresés alkalmazása

Az élkeresés eljárás megkeresi a bittérkép éleit, kontúrjait, majd körberajzolja azokat, a bittérkép háttérét pedig egyszínűvé alakítja. (64. ábra) Ezzel skiccszerű, vonalas ábrát készíthetünk bármilyen bittérképből, ami elég kontrasztos ahhoz, hogy a program megtalálhassa a jellemzőbb vonásait. A vonalak színét a program az élek színe és a háttér alapján készíti el, a háttér színe pedig az alapszín lesz. A művelet eredményét a 80. ábrán láthatjuk.

5.1.8. Felületkiemelés

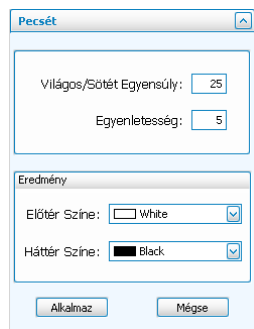
Szükség lehet nem csak az objektumok találkozásánál található élekre, –amelyekre az élkiemelés szolgál,– hanem magának az objektumnak a képére, felületére is. Legfontosabb alkalmazása ennek az, hogy eldöntsük melyek azok az objektumok, amelyek akadályként jelennek meg, illetve melyek, amelyeken a robot tud közlekedni. Ehhez használjuk a felület kiemelési eljárásokat. A megvalósított felületkiemelési módszereket az 65. ábrán láthatjuk.



65. ábra Felületkiemelési módszerek

5.1.8.1. Pecset

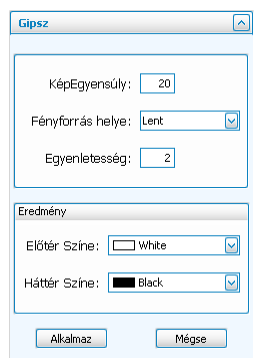
A „pecset” felületkiemelési módszer onnan kapta a nevét, hogy egyszerűsíti a képet oly módon, mintha azt gumi és fa bélyegzővel hozták volna létre. Legjobban fekete-fehér képekhez használható, de színeseken is jól működik. A képből 2 színű képet csinál a megadott paraméterek arányában. Ezeket a paramétereket a 66. ábrán láthatjuk. A művelet eredményét a 81. ábrán láthatjuk.



66. ábra Pecsét felületkiemelés paraméterezhetősége

- **Világos/sötét egyensúly:** Meghatározhatjuk, hogy a képen milyen mértékben jelenjen meg az előtér és a háttérszín. Alacsonyabb érték több háttérszínű részt eredményez, magasabb érték esetén pedig több előtérszín lesz a képen.
Értéke: 0 és 50 közötti egész szám.
- **Egyenletesség:** Meghatározhatjuk, hogy a két felület határa mennyire legyen egyenletes. Alacsonyabb érték esetén a határ élesebb lesz, magasabb értékkel pedig lágyabb, egyenletesebb lesz a két különböző színű terület határa, de ekkor értékes információk veszhetnek el.
Értéke: 1 és 50 közötti egész szám.
- **Előtér színe:** az a szín, melyet előtérként szeretnénk megadni, az előtér színű terület soha sem több, mint a háttér színű terület.
- **Háttér színe:** az a szín, melyet háttérként szeretnénk szerepeltetni. A képen ez a szín fog szerepelni túlnyomó többségben.

5.1.8.2. Gipsz



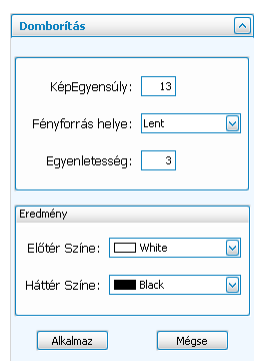
67. ábra Gipsz felületkiemelési módszer paraméterezhetősége

A gipsz felületkiemelési módszer onnan kapta a nevét, hogy a kapott kép olyan, mint-ha az eljárás háromdimenziós gipszformába öntené a képet, majd az előtér és a háttér színével

kiszínezi az eredményt. Ezzel kiemeli a sötét területeket, a világosakat pedig mélyebben lévőnek érzékelteti. Az eljárás 2 színű képet eredményez. A paramétereket a 67. ábra tartalmazza, a művelet eredményét a 82. ábrán láthatjuk.

- **Képegyensúly:** Meghatározhatjuk, hogy a képen milyen mértékben jelenjen meg az előtér és a háttérszín. Alacsonyabb érték több háttérszínű részt eredményez, magasabb érték esetén pedig több előtér színű lesz a képen.
Értéke: 0 és 50 közötti egész szám.
- **Fényforrás helye:** Meghatározhatjuk, hogy a kép melyik részén helyezkedjen el a fényforrás.
Értéke: fent, lent, balra, jobbra, balra-fent, balra-lent, jobbra-fent, jobbra-lent egyike.
- **Egyenletesség:** Meghatározhatjuk, hogy a két felület határa mennyire legyen egyenletes. Alacsonyabb érték esetén a határ élesebb lesz, magasabb értékkel pedig lágyabb, egyenletesebb lesz a két különböző színű terület határa, de ekkor értékes információk veszhetnek el.
Értéke: 1 és 15 közötti egész szám.
- **Előtér színe:** az a szín, melyet előtérként szeretnénk megadni, az előtér színű terület soha sem több, mint a háttér színű terület.
- **Háttér színe:** az a szín, melyet háttérként szeretnénk szerepeltetni. A képen ez a szín fog szerepelni túlnyomó többségben.

5.1.8.3. Domborítás



68. ábra Domborítás felületkiemelés paramétereizhetősége

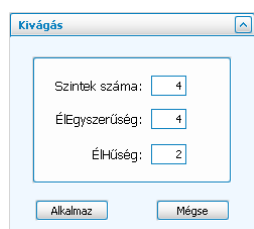
Úgy alakítja át a képet, hogy az enyhén faragottnak tűnjön, illetve a magasabb felszínű területeken meg legyen világítva. Ezáltal olyan hatást érünk el, mintha a világosabb színek mélyebben, a sötétebb színek magasabban jelennének meg, azaz mintha a kép objektumát domborítaná. A kép sötét területei az előtér színét veszik fel, a világosabb területek pedig a

háttérszín használják, a 68. ábrán szereplő paraméterek alapján. Ez az eljárás nem 2 színű képet eredményez, hanem a 2 megadott alapszín és a közöttük lévő átmenetekkel tölti ki a képet, melyek közül az alapszínek vannak többségben. A művelet eredményét a 83. ábrán láthatjuk.

- **Képegyensúly:** Meghatározhatjuk, hogy a képen milyen mértékben jelenjen meg az alapszínek. Alacsonyabb érték kevesebb alapszínű részt eredményez, magasabb érték esetén pedig kevesebb átmenet lesz a képen.
Értéke: 1 és 15 közötti egész szám.
- **Fényforrás helye:** Meghatározhatjuk, hogy a kép melyik részén helyezkedjen el a fényforrás.
Értéke: fent, lent, balra, jobbra, balra-fent, balra-lent, jobbra-fent, jobbra-lent egyike.
- **Egyenletesség:** Meghatározhatjuk, hogy a felületek határa mennyire legyen egyenletes. Alacsonyabb érték esetén a határ élesebb lesz, magasabb értékkel pedig egyenletesebb, homályosabb lesz a két különböző színű terület határa.
Értéke: 1 és 15 közötti egész szám.
- **Előtér színe:** az a szín, melyet előtérként szeretnénk megadni, az előtér színű terület soha sem több, mint a háttér színű terület.
- **Háttér színe:** az a szín, melyet háttérként szeretnénk szerepeltetni. A képen ez a szín fog szerepelni túlnyomó többségben.

5.1.8.4. Kivágás

A képnek olyan hatást kölcsönöz, mintha azt kivágott, színes papírdarabokból állították volna össze. A nagy kontrasztú képek körvonalaszerűen jelennek meg, a színes képek pedig több réteg színes papírból épülnek fel. A beállítható paraméterek listáját a 69. ábrán láthatjuk, a művelet eredményét a 84. ábra mutatja.



69. ábra Kivágás felületkiemelés paramétereizhetősége

- **Szintek száma:** Meghatározhatjuk a színes papírok számát, pontosabban a képen szereplő színek számát. Kisebb érték egyszerűbb képet eredményez, kevesebb szín-

nel. Az érték növelésével a színek száma is nő, a kép részletesebb lesz. Az eljárás egyes részek színeit, a lefedő részek alatt lévő képpontok színének átlagolásával határozza meg.

Értéke: 2 és 8 közötti egész szám.

- **Él egyszerűség:** Egyszerűsíthetjük az egyes részek éleit. Nagyobb érték esetén a papír darabok éle kevesebb szakaszból fog állni, egyszerűbb lesz a kép. Kisebb érték esetén az egyes részek határa összetettebb lesz.

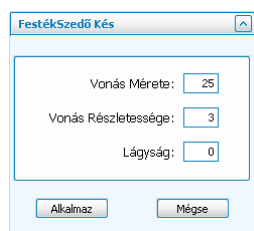
Értéke: 0 és 10 közötti egész szám.

- **Élhűség:** Meghatározhatjuk a kép éleinek pontosságát. A nagyobb érték esetében az egyes részek élei nagyobb részletességűek lesznek, kisebb érték esetén pedig kevésbé lesznek részletesek az egyes részek élei.

Értéke: 1 és 3 közötti egész szám.

5.1.8.5. Festékszedő kés

A kép részletességét csökkentve vékonyan festett vászon hatását kelti, amelyen kivehető az alapul szolgáló textúra. Az eljárás megadható paraméterei a 70. ábrán láthatók.



70. ábra Festékszedő kés felületkiemelés paramétereizhetősége

- **Vonás mérete:** Megadhatjuk a vonások méretét. Nagyobb érték nagyobb színeköteget eredményez a képen. A kisebb érték kisebb, vékonyabb vonalakat eredményez.

Értéke: 1 és 50 közötti egész szám.

- **Vonás részletessége:** A vonás részletességét adhatjuk meg. Nagyobb érték megadásával részletesebb lesz a kép, kisebb érték esetén pedig elnagyolt.

Értéke: 1 és 3 közötti egész szám.

- **Lágyság:** Megadhatjuk, maximálisan mennyivel térhet el a kenési szög a kiindulási szöghöz képest. Nagyobb érték esetében nagyobb szögben változhat a kenési szög, kisebb értéknél pedig kevésbé. Ez az érték a maximális eltérést jelenti a kezdeti (0°-os) kiindulási szöghöz képest fokban.

Értéke: 0 és 10 közötti egész szám.

5.2. Az eljárások kombinálása neurális hálók segítségével

A bemutatott eljárások végrehajthatók manuálisan egy képre. A robot rendszernek önállóan kell működnie, így nem várható el a felhasználótól, hogy minden egyes képkockára elvégezze a szükséges képátalakító műveleteket. Alapvetően ez egy lehetetlen feladatnak tűnik, ugyanis a kamerától legalább 30 kép érkezik másodpercenként. Ezért szükség van valamilyen mechanizmusra, amely automatikusan kiválasztja az alkalmazandó képfeldolgozási módszer(ek)e(t), meghatározza az(ok) alkalmazandó paramétereit, majd végrehajtja az(oka)t. Erre az automatizmusra mesterséges neurális hálót használtunk. A programomban használt neurális hálózat egy előrecsatolt többrétegű perceptron háló, amely bemenetként kap egy képet. A hálózat felépítésénél, mivel nincs jó elmélet arra vonatkozólag, hogy az egyes feladatokhoz milyen hálóstruktúra az optimális, az egyszerű irányból haladunk a bonyolultabb felé.

A rejtett réteg neuronjai a tangens hiperbolikus függvényt használják aktivációs függvénynek. Az előzetes eredmények alapján ez a függvény megfelelőnek tűnik ahhoz, hogy a háló konvergáljon. A neuronok aktivációs értékét kezdetben 0 és 1 között véletlenszerűen határoztam meg, ezek az értékek ugyanis a tanulási folyamat során a problémaosztálynak megfelelően változnak. A tanítási folyamat során soros tanítást alkalmazunk, vagyis minden egyes tanítóelem után összehasonlítjuk a kimenetet a várt értékkel, és szükség szerint módosítjuk a súlyokat. A súlyok módosítása hiba-visszaterjesztéssel történik, azaz az egyes csomópontoknál tapasztalt hibát figyelembe véve módosítjuk a súlyokat.

A tanítás folyamán két különböző módszerrel próbálkoztunk. Az egyik, hogy a robot korábbi mozgása során rögzítettek képek közül tetszőlegesen választottunk képeket, majd azokon végrehajtottuk manuálisan a szükséges képfeldolgozási eljárásokat. Ekkor az eredeti képet adtuk a neurális háló bemenetének, és a feldolgozott képet hasonlítottuk a kimenettel, majd az alapján módosítottuk a súlyokat. A másik pedig, hogy torzítatlan képeken valóságghű torzításokat hoztunk létre, majd azokat adtuk a neurális háló bemenetének és az eredeti képet hasonlítottuk a kimenettel és az alapján változtattuk a súlyokat.

Alapvetően egyik módszer sem hozta a kívánt eredményt, de ha hozzávesszük azt a plusz információt, hogy a robot szilárd felületen áll, az alkalmazás már nagy biztonsággal képes ezen megfelelő kép alapján vezérlési döntést hozni. A rétegek számának növelésével, vagy az aktivációs függvény módosításával valószínűleg jobb eredményt tudtunk volna elérni.

6. Szoftveres implementáció

6.1. Függvényspecifikációk

Az előző fejezetben bemutatásra került a robot-rendszer alkalmazható képfeldolgozási módszerei, amelyekkel kinyerhetők a hasznosítandó információk. Ezeknek a műveleteknek a végrehajtása minden esetben egy függvényhívással történik, melyek paraméterei megegyeznek az előzőekben ismertetett módszerek paramétereivel. A robottól érkező videót képekre bontva dolgozzuk fel. A függvények egy képből egy másik képet állítanak elő, a megadott paraméterek függvényében. A helyhiány miatt, csak a képfeldolgozó függvények kerülnek bemutatásra. Ezek a statikus függvények a `public static class ImageProcessor` statikus osztályban találhatók.

6.1.1. Geomertriai transzformációk

- `public static Image rotate(Image sourceImage, float degree)`: a paraméterként megadott forráskép megadott szöggel elforgatott képét adja vissza
- `public static Image mirror(Image sourceImage, MirrorMode mirrorMode)`: a paraméterként megadott forráskép megadott szöggel elforgatott képét adja vissza
- `public static Image stretchAndTilt(Image sourceImage, Size imageSize, short horizontalTiltDegree, short verticalTiltDegree)`: a paraméterként megadott forráskép meghatározott méretre nyújtott és meghatározott szögben döntött képét adja vissza
- `public static Image clip(Image sourceImage, Point startPoint, Size imageSize)`: a paraméterként megadott forráskép meghatározott méret vágott (nyírt) képét adja vissza
- `public static Image move(Image sourceImage, Point startPoint)`: a paraméterként megadott forráskép meghatározott pontba való eltolásával nyert képét adja vissza

6.1.2. Színkezelés

- `public static Image brightnessAndContrast(Image sourceImage, short brightness, short contrast, float gamma)`: a paraméterként megadott forráskép meghatározott fényerő, kontraszt, illetve gamma értékre állításával kapott képét adja vissza

- `public static Image hueSaturationLightness(Image sourceImage, short hue, short saturation, short lightness)`: a paraméterként megadott forráskép meghatározott árnyalat, telítettség, illetve fényerő értékre állításával kapott képét adja vissza
- `public static Image colorBalance(Image sourceImage, short lightness, short saturation, ToneBalanceMode toneBalance, short redCyan, short greenMagenta, short blueYellow)`: a paraméterként megadott forráskép meghatározott értékre állított színegyensúlyával kapott képét adja vissza
- `public static Image replaceColor(Image sourceImage, Color originalColor, short fuzziness, Color newColor, short hue, short saturation, short lightness)`: a paraméterként megadott forráskép egy meghatározott színének, paraméterek által meghatározott módon másik színre való cserélésével kapott képét adja vissza
- `public static Image levels(Image sourceImage, int levels, Nullable<Color> thresholdColor)`: a paraméterként megadott forráskép paraméterek által meghatározott számú szintre (2 szín esetén meghatározott határszínnel) vágott képét adja vissza
- `public static Image channelMixer(Image sourceImage, int redPercent, int greenPercent, int bluePercent, bool monochrome)`: a paraméterként megadott forráskép színeinek paraméterek által meghatározott módon csatornánként való keverésével kapott képét adja vissza
- `public static Image invert(Image sourceImage)`: a paraméterként megadott forráskép inverz képét adja vissza
- `public static Image deSaturate(Image sourceImage)`: a paraméterként megadott forráskép telítetlenített képét adja vissza
- `public static Image equalize(Image sourceImage)`: a paraméterként megadott forráskép kiegyenlített képét adja vissza
- `public static Image autoContrast(Image sourceImage)`: a paraméterként megadott forráskép kiegyenlített kontrasztú képét adja vissza
- `public static Image solarize(Image sourceImage)`: a paraméterként megadott forráskép „elégetett” képét adja vissza

6.1.3. Torzítás csökkentés

- `public static Image lensCorrection(Image sourceImage, short distortion, short chromaticRedCyan, short chromaticBlueYellow, short vignetteAmount, short vignetteMidpoint, short verticalPerspective, short horizontalPerspective)`: a paraméterként megadott forráskép meghatározott paraméterű lencse korrekciójával kapott képet adja vissza
- `public static Image lensFlare(Image sourceImage, Point flarePosition, short brightness, LensTypes lensType)`: a paraméterként megadott forráskép –, képen lévő meghatározott paraméterű– lencse-fényfoltjának redukált hatású eredményét adja vissza
- `public static Image lightEffectDirectional(Image sourceImage, Color lightColor, short lightDirection, short lightDistance, short lightIntensity)`: a paraméterként megadott forráskép –, képen lévő meghatározott paraméterű– irányított megvilágításának redukálásával nyert képet adja vissza
- `public static Image lightEffectOmni(Image sourceImage, Color lightColor, short lightDirection, short lightDistance, short lightIntensity, Point lightPosition)`: a paraméterként megadott forráskép –, képen lévő meghatározott paraméterű– szórt fényű megvilágításának redukált hatású eredményét adja vissza
- `public static Image lightEffectSpot(Image sourceImage, Color lightColor, short lightDirection, short lightIntensity, Point lightPosition, short lightEllipseDiameter1, short lightEllipseDiameter2, short focusSize)`: a paraméterként megadott forráskép –, képen lévő meghatározott paraméterű– pont szerű megvilágításának redukálásával nyert képet adja vissza
- `public static Image shadowReduction(Image sourceImage, float softness, float threshold, float blur, float noise, Color shadowColor, short lightDirection)`: a paraméterként megadott forráskép –, képen lévő meghatározott paraméterű– árnyékának redukálásával nyert képet adja vissza

6.1.4. Zajszűrés

- `public static Image deSpeckle(Image sourceImage)`: a paraméterként megadott forráskép folttalanított képet adja vissza

- `public static Image dustAndScratches(Image sourceImage, short radius, short thresholdLevel)`: a paraméterként megadott forráskép por és karcolás mentes képét adja vissza, a meghatározott paraméterek alapján
- `public static Image medianFilter(Image sourceImage, short radius)`: a paraméterként megadott forrásképen végrehajtott meghatározott paraméterű(sugarú) medián szűrő alkalmazásával kapott képét adja vissza
- `public static Image noiseReduction(Image sourceImage, short strength, short preserveDetails, short colorNoiseReduction, short sharpDetails)`: a paraméterként megadott forrásképen végrehajtott meghatározott paraméterű zajszűrő alkalmazásával kapott képét adja vissza

6.1.5. Elmosódás csökkentés

- `public static Image simpleBlurReduction(Image sourceImage)`: a paraméterként megadott forrásképen az egyszerű elmosódás csökkentési eljárás alkalmazásával kapott képet adja vissza
- `public static Image advancedBlurReduction(Image sourceImage)`: a paraméterként megadott forrásképen az összetett elmosódás csökkentési eljárás alkalmazásával kapott képet adja vissza
- `public static Image boxBlurReduction(Image sourceImage, short boxSize)`: a paraméterként megadott forrásképen a meghatározott paraméterű (doboz oldalhosszú) doboz elmosódás csökkentési eljárással kapott képet adja vissza
- `public static Image gaussianBlurReduction(Image sourceImage, short radius)`: a paraméterként megadott forrásképen a meghatározott paraméterű Gauss elmosódás csökkentési eljárással kapott képet adja vissza
- `public static Image motionBlurReduction(Image sourceImage, short distance, short angle)`: a paraméterként megadott forrásképen a meghatározott paraméterű mozgásból adódó elmosódás csökkentési eljárással kapott képet adja vissza
- `public static Image radialBlurReduction(Image sourceImage, short amount)`: a paraméterként megadott forrásképen a meghatározott paraméterű sugaras elmosódás csökkentési eljárással kapott képet adja vissza

6.1.6. Élesítés

- `public static Image simpleSharpen(Image sourceImage)`: a paraméterként megadott forrásképen egyszerű élesítés alkalmazásával kapott képet adja vissza
- `public static Image moreSharpen(Image sourceImage)`: a paraméterként megadott forrásképen erősebb élesítés alkalmazásával kapott képet adja vissza
- `public static Image edgeSharpen(Image sourceImage)`: a paraméterként megadott forrásképen határ élesítés alkalmazásával kapott képet adja vissza
- `public static Image maskSharpen(Image sourceImage, float radius, short amount, short threshold)`: a paraméterként megadott forrásképen meghatározott maszkkal végrehajtott élesítés eredményeként kapott képet adja vissza

6.1.7. Élkiemelés

- `public static Image accentedEdge(Image sourceImage, short edgeWidth, short edgeBrightness, short smoothness)`: a paraméterként megadott forrásképen meghatározott paraméterű él hangsúlyozás alkalmazásával kapott képet adja vissza
- `public static Image glowingEdge(Image sourceImage, short edgeWidth, short edgeBrightness, short smoothness)`: a paraméterként megadott forrásképen meghatározott paraméterű izzó él kiemelési eljárás alkalmazásával kapott képet adja vissza
- `public static Image inkOutline(Image sourceImage, short strokeLength, short darkIntensity, short lightIntensity)`: a paraméterként megadott forrásképen meghatározott paraméterű kontúr kihúzással kapott képet adja vissza
- `public static Image traceContour(Image sourceImage, bool lowerEdge, short level)`: a paraméterként megadott forrásképen meghatározott paraméterű kontúrkövetéssel kapott képet adja vissza
- `public static Image simpleEdgeDetection(Image sourceImage)`: a paraméterként megadott forrásképen él keresési eljárással kapott képet adja vissza

6.1.8. Felület kiemelés

- `public static Image stampSurface(Image sourceImage, short lightDarkBalance, short smoothness, Color foregroundColor, Color backgroundColor)`: a paraméterként megadott forrásképen meghatározott paraméterű pecsét (mintájú) felületkiemelési eljárás alkalmazásával kapott képet adja vissza
- `public static Image plasterSurface(Image sourceImage, short imageBalance, LightPosition lightPosition, short smoothness, Color foregroundColor, Color backgroundColor)`: a paraméterként megadott forrásképen meghatározott paraméterű „gipsz” típusú felületkiemelési eljárás alkalmazásával kapott képet adja vissza
- `public static Image basReliefSurface(Image sourceImage, short imageBalance, LightPosition lightPosition, short smoothness, Color foregroundColor, Color backgroundColor)`: a paraméterként megadott forrásképen meghatározott paraméterű domborítási eljárás alkalmazásával kapott képet adja vissza
- `public static Image cutOutSurface(Image sourceImage, short numberOfColors, short edgeSimplicity, short edgeFidelity)`: a paraméterként megadott forrásképen meghatározott paraméterű „kivágás” eljárás alkalmazásával kapott képet adja vissza
- `public static Image paletteKnifeSurface(Image sourceImage, short strokeSize, short strokeDetail, short softness)`: a paraméterként megadott forrásképen meghatározott paraméterű „festékszedő kés” eljárás alkalmazásával kapott képet adja vissza

6.2. Rendszerkövetelmények:

A robot használata során igen sok képfeldolgozási eljárást kell végrehajtani, hogy a robotot vezérelni tudjuk. Ezért az alkalmazás által a számítógéppel szemben támasztott rendszerkövetelménye magasnak mondható. Processzor esetében minimum dupla magos szükséges, memóriából pedig csak az alkalmazáshoz, több mint 400 MB. Az alkalmazás indításakor, a robot inicializálása előtt, amikor még nincsenek képfeldolgozási műveletek az alkalmazás legalább 135MB memóriát igényel. Ezen túl szükség van a robottal való kapcsolattartáshoz egy Wi-Fi hálózati kártyára (IEEE802.11g szabvánnyal) és egy Wi-Fi antennára. Az alkalmazás minimális és ajánlott rendszerkövetelményét 3. és 4. táblázatban láthatjuk.

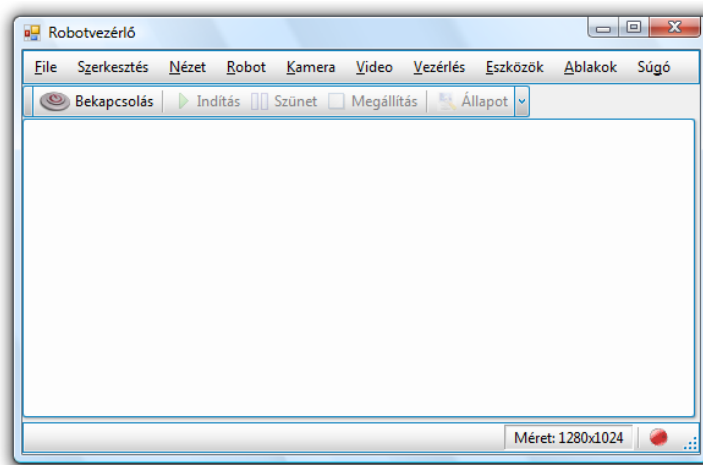
Minimális rendszerkövetelmény	
Processzor:	Intel Core2 Duo 2Ghz
Memória:	435MB + 256MB
Merevlemez:	30MB szabad lemezterület
Hálózati kártya:	Wi-Fi kapcsolódási ponttal
Monitor:	19 hüvelykes (1280×1024) 16,7M szín
Operációs rendszer:	MS Windows XP Professional SP2

3. táblázat A robotvezérlő alkalmazás minimális rendszerkövetelménye

Ajánlott rendszerkövetelmény	
Processzor:	Intel Core2 Duo 2,4Ghz
Memória:	1GB
Merevlemez:	60MB szabad lemezterület
Hálózati kártya:	Wi-Fi kapcsolódási ponttal
Monitor:	19 hüvelykes (1280×1024) 16,7M szín
Operációs rendszer:	MS Windows XP Professional SP3

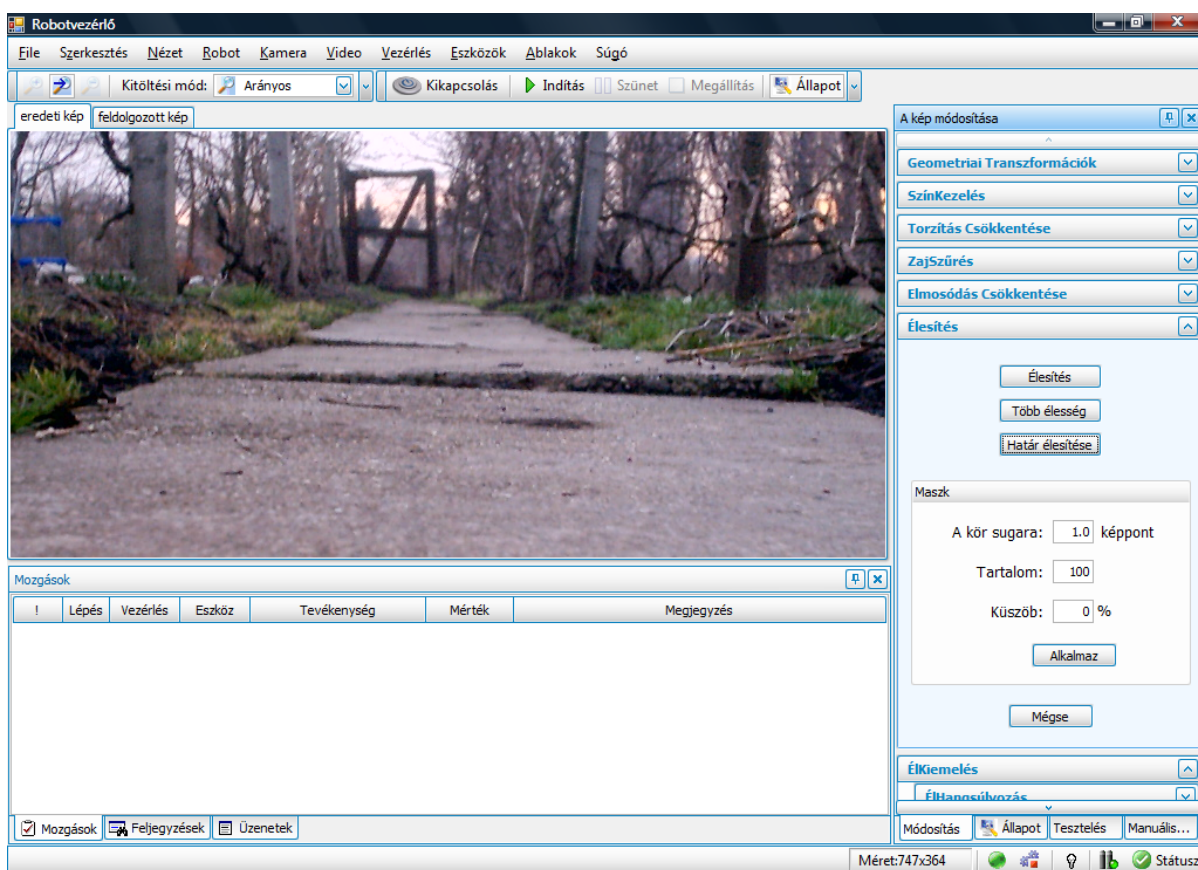
4. táblázat A robotvezérlő alkalmazás ajánlott rendszerkövetelménye

6.3. A robotvezérlő alkalmazás



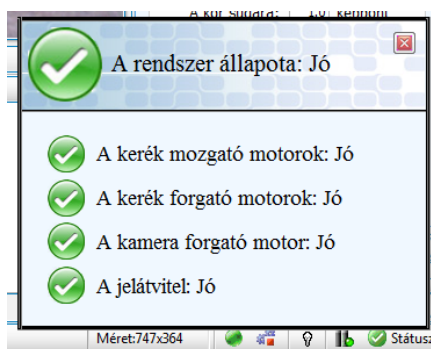
71. ábra Az alkalmazás kezdőképernyője

Az alkalmazás elindítása után a 71. ábrán látható üres képernyő fogad minket. Első lépésben el kell végezni a robot inicializálását, össze kell kapcsolódnia a robotnak a számítógéppel, valamint el kell végezni a robot státusz felmérését, le kell tesztelni az egységek működőképességét. Ezeket az ábrákat a Mellékletben találjuk meg. Sikeres kapcsolódást követően az alkalmazás középső részén megjelenik a kamera képe, jobb oldalán a munkavégző panel, az ablak állapotjelző sorában a robot státusz jelzői, bal alsó részében pedig az információ közlésére szolgáló panel. Ezt láthatjuk a 72. ábrán.



72. ábra Az alkalmazás inicializálást követő főképernyője

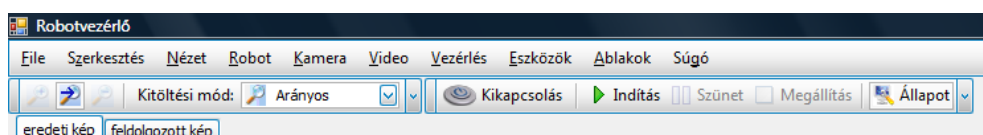
A képernyő jobb alsó részében látható a robot státusza, ez látszik a 73. ábrán.



73. ábra A robot státuszát mutató rész

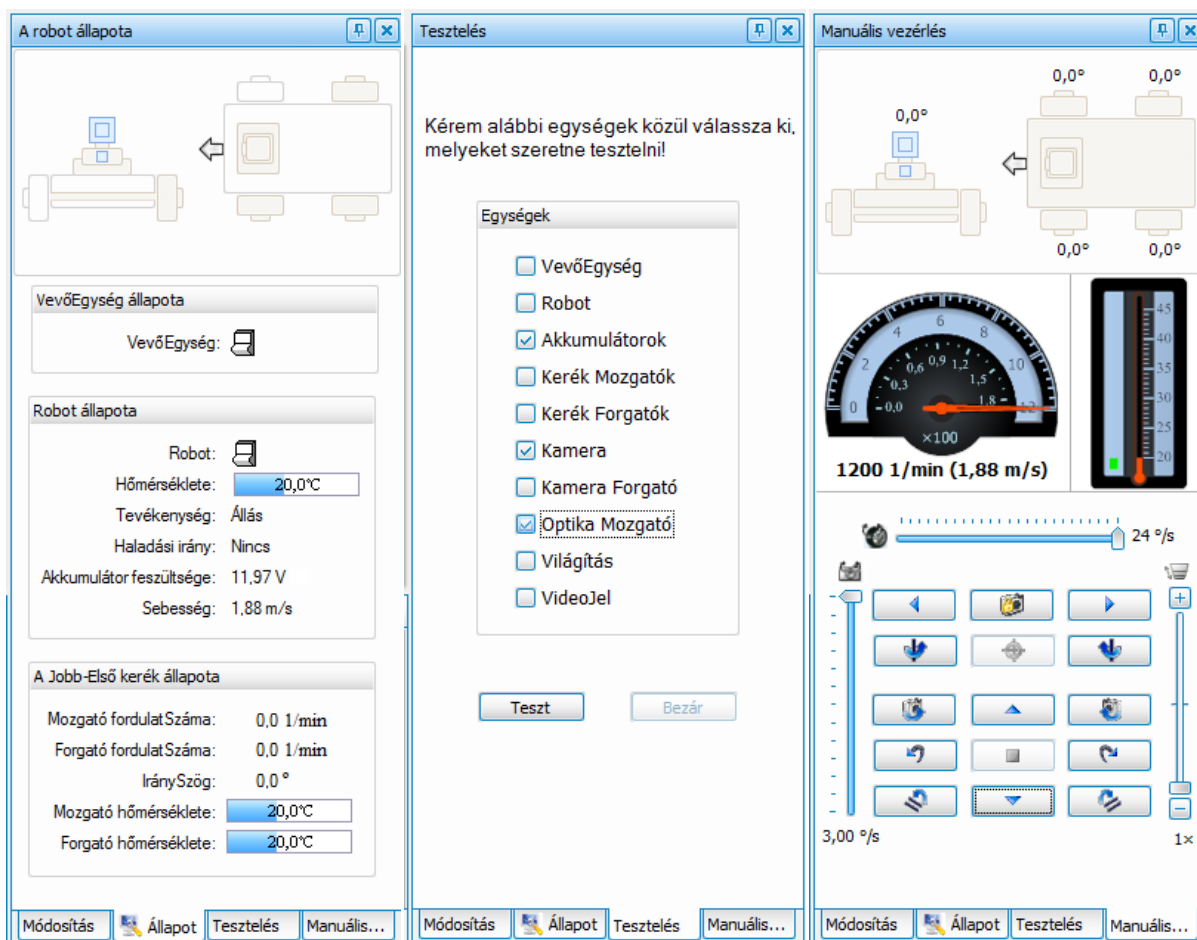
Itt mindig láthatjuk, hogy mekkora a program ablakának mérete, hogy a robot, akkumulátor éppen milyen státuszba van, a robot milyen vezérlési státuszban tartózkodik. Lehetőség van itt az egér gombjának lenyomásával a világítást be-, illetve kikapcsolni. Ha a robot valamelyik paramétere figyelmeztető, vagy kritikus értékre változik, itt kapunk értesítést.

A képernyő felső részében található a menüsor, alatta pedig a gyors parancs elérést biztosító gombsor. Ez látható a 74. ábrán, ezek közül első a látható kép nagyítására szolgál, a másik a robot vezérlésére.



74. ábra A robot vezérlő program menü- és gombsora

Kezdetben a képmódosító eljárások listáját láthatjuk jobb oldalon (73. ábra), de itt jelenik meg a robot állapota, a tesztelés elvégzéséhez szükséges panel, illetve a robot manuális vezérléséért felelős egység (75. ábra).



75. ábra Állapot, tesztelés, manuális vezérlés felületei

A robot minden egyes egységének állapotáról információt kaphatunk: a hőmérsékletekről, a fordulatszámokról, az egyes részek aktuális irányáról, a tápfeszültségről. Tesztelhetjük a robot minden egységét, ahogy az inicializálásnál láthattuk. Lehetőség van a robotnak a manuális vezérlésre is úgy, mintha egy távirányítós kisautót vezetnénk. Itt állítani lehet az összes fordulatszámot, az optikai nagyítás mértékét, illetve a robot összes közlekedési specialitását (pl.: helyben fordulás, rákjárás), ki lehet használni, emellett információt kapunk a robot legmelegebb egységének a hőmérsékletéről.

Mozgások						
!	Lépés	Vezérlés	Eszköz	Tevékenység	Mérték	Megjegyzés
	3	Automata	Robot	Kanyarodás Balra	4,8°	Kerekek Elfordítása
Részletek						
!	Lépés	Vezérlés	Eszköz	Tevékenység	Mérték	Megjegyzés
	3	Automata	Jobb-Első Kerék	Elfordulás	4,8°	
	3	Automata	Jobb-Hátsó Kerék	Elfordulás	-4,8°	
	3	Automata	Bal-Hátsó Kerék	Elfordulás	-4,8°	
	3	Automata	Bal-Első Kerék	Elfordulás	4,8°	
	4	Automata	Robot	Elmozdulás	377,0mm	
	5	Automata	Robot	Fordulás Helyben	Balra	Kerekek Befordítása
Részletek						
!	Lépés	Vezérlés	Eszköz	Tevékenység	Mérték	Megjegyzés
	5	Automata	Jobb-Első Kerék	Elfordulás	55,0°	
	5	Automata	Jobb-Hátsó Kerék	Elfordulás	-55,0°	

76. ábra Az értesítő panelek

A képernyő bal alsó részén látható a robot (kamera, kerekek, stb.) elmozdulásáról tájékoztató panel, feljegyzéseket helyezhetünk el a feljegyzés fülre megnyíló panelen, illetve láthatjuk a robottól érkező üzeneteket az üzenetek részben.

7. Tesztelés és konklúzió

A megépített robotrendszer gyakorlatban való kipróbálásánál nem gondolkoztunk azon, hogy speciális környezetet kellene használni, így egyből a szabadba vittük. A kis kerekei miatt azonban elfelejthettük, hogy terepen próbáljuk ki, így maradtak a szilárd burkolatú közlekedő utak, amelyeken biztonságosan tudott közlekedni elakadás nélkül. Nyilván a kerekek méretének megváltoztatása és a robot minimális mértékű mechanikai áttervezése nem jelentene nagy feladatot, így a terepen való használhatósága sem jelentene akadályt. A tesztelésnél leginkább arra figyeltünk, hogy a képfeldolgozás során mennyire kapunk megfelelő képet, azaz a feldolgozott kép mennyire felel meg az elvárásainknak.

Már az első teszteken látszott, hogy a képfeldolgozási módszerek ugyanazon a képen való egymás utáni alkalmazása erősen korlátolt. A kamerából legalább 30 képkocka érkezik másodpercenként, tehát a kamera jeladásától a vezérlő utasítás megérkezéséig legfeljebb 1/30 másodperc idő van. Ez alatt a jeleket át kell vinni, a képi információkat fel kell dolgozni, majd meg kell határozni a robot tevékenységét, elő kell állítani a vezérlő utasítást. Természetesen eltekinthetünk attól, hogy másodpercenként 30 képkockát dolgozzunk fel. A 30 fps feldolgozás a robotból kihozható maximális hatékonyságot eredményezi. Ekkor az akkumulátorok és motorok terheltsége is a maximális, ezért a robot üzemi ideje is jóval alacsonyabb. Legtöbbször azonban nincs szükség arra, hogy a robot maximális teljesítményen üzemeljen, nem kell, hogy felderítés közben „rohángáljon”. Ezáltal a robot akkumulátorának a használhatóságát, és élettartamát is meg lehet triplázni.

A teszteléshez használt számítógép paraméterei

Processzor:	Intel Core2 Duo E6600 2,4Ghz
Memória:	2GB DDR2 1066MHz
Merevlemez:	2 GB szabad lemezterület
Hálózati kártya:	Wi-Fi kapcsolódási ponttal
Video kártya:	NVidia GTX280 CUDA támogatással
Monitor:	19 hüvelykes (1280×1024) 16,7M szín
Operációs rendszer:	MS Windows Vista Ultimate

5. táblázat A teszteléshez használt számítógép paraméterei

A képfeldolgozási műveletek igen időigényesek egy nagy teljesítményű számítógépen is, mint például amit a teszteléshez használtunk. Ennek hardver összetevőit a 5. táblázatban láthatjuk. Ha kihasználjuk a videokártya processzorának számítási segítségét [5], akkor is az adott idő alatt legfeljebb 4-5 műveletet tudunk elvégezni. Ez a szám viszont nem jelent nagy megszorítást, majdnem minden esetben elegendő lehet. Alkalmazva egy Gauss szűrőt, árnyécsökkentést, élesítést, majd egy felületkiemelést, már elő is állt a feldolgozott kép, amelyet felhasználva a robot tájékozódhat.

A robot melegedésével sem volt probléma. Igaz hozzá kell tennem, hogy a kipróbálás egy késő őszi napon délutáni időpontban 20 °C-os környezetben történt, ami valójában időjárási viszonyok szempontjából melegen számít, de a robot felhasználási területét figyelembe véve átlagosnak mondható. A robot akkumulátora több mint 2 óra folyamatos üzemidőt biztosított, ami felül teljesíti az elvártat.

A robot stabilan közlekedett, sem az árnyékos, sem a tükröződő felület esetében nem ejtett tájékozódási hibát. Az útvonal keresési módszere nagyon primitív, ez meg is látszik a robot közlekedésén, de biztosan eljutott a kijelölt célhoz, ha az lehetséges volt. A legnagyobb problémát az jelenti, hogy a Wi-Fi rendszer miatt a robot hatótávolsága legfeljebb 150m. A robot akkumulátorának terhelése a távolság függvényében növekszik. Alapvetően ez a 150m-es távolság sem számít korlátnak, ugyanis például túlélők után való kutatás esetében a telepítik a számítógépet a közelben, azután annak 150m-es környezetében képes felderíteni. A robot jeleit erősen zavarják a környezet tárgyai, pl.: törmelék, lomb, stb.

Ezt a korlátot ki lehet küszöbölni, ha a robotra elhelyeznek egy minit ITX alaplagra épülő számítógépet, illetve ennek az energiaellátásához szükséges akkumulátorokat. Ebben az esetben a robot tömege is meg fog nőni, amely a robot meghajtásához szükséges motorok ellátásáért felelős akkumulátor üzemidejét csökkenti. Ebben az esetben el kell tekintenünk a távoli vezérléstől és monitorozástól. Kiadjuk az utasítást a robotnak, majd az végzi a dolgát a távolban. Ha a feladatát befejezte, vagy az akkumulátorai kritikus állapotba kerültek, akkor visszatér az irányító bázisra újabb utasításért, vagy egy dokkolást követően feltöltheti az akkumulátorait.

Egy ilyen megvalósítással épített marsi felderítő robot esetében a központi irányító és dokkoló rendszer a robottól nem nagy távolságban helyezkedik el, szükség esetén az mozgatható. A központi irányító berendezés alkalmas arra, hogy a robot által rögzített adatokat a földi központ felé továbbítsa. Napemei révén pedig a robot feltöltését is elvégezheti, miköz-

ben a robotot nem kell napkollektorral felszerelni, könnyebb lesz a robot tömege. Míg a robot a tevékenységét végzi, addig a dokkoló állomás feltölti a saját akkumulátorait. A földi központból érkező utasításokat a dokkoló egység fogadja, majd amikor a robot elvégezte feladatát és dokkol, átadja neki. A robot akkumulátorainak kímélése érdekében nincs értelme folyamatos átvitelre a központi irányító berendezés és a robot között, mivel a robot attól függetlenül is ellátja feladatát. A robot tevékenysége közben rögzíti a megfigyelt adatokat, majd azt a dokkolás során áttölti és továbbításra kerül a Földre.

Továbbfejlesztést jelentene az is, ha a képfeldolgozás esetében használt módszerek kombinálását lehetne gyorsítani. A környezet és fényviszonyok határozzák meg, hogy mikor melyek a megfelelő alkalmazandó képfeldolgozási módszerek. Jelenleg ezek előzetes tapasztalatok alapján a korábban említett, előre kiválasztott 4 módszer kombinálásából tevődik össze. Ezt a módszert is lehetne automatizálni valamely mesterséges intelligenciában alkalmazott módszerrel.

8. Irodalomjegyzék

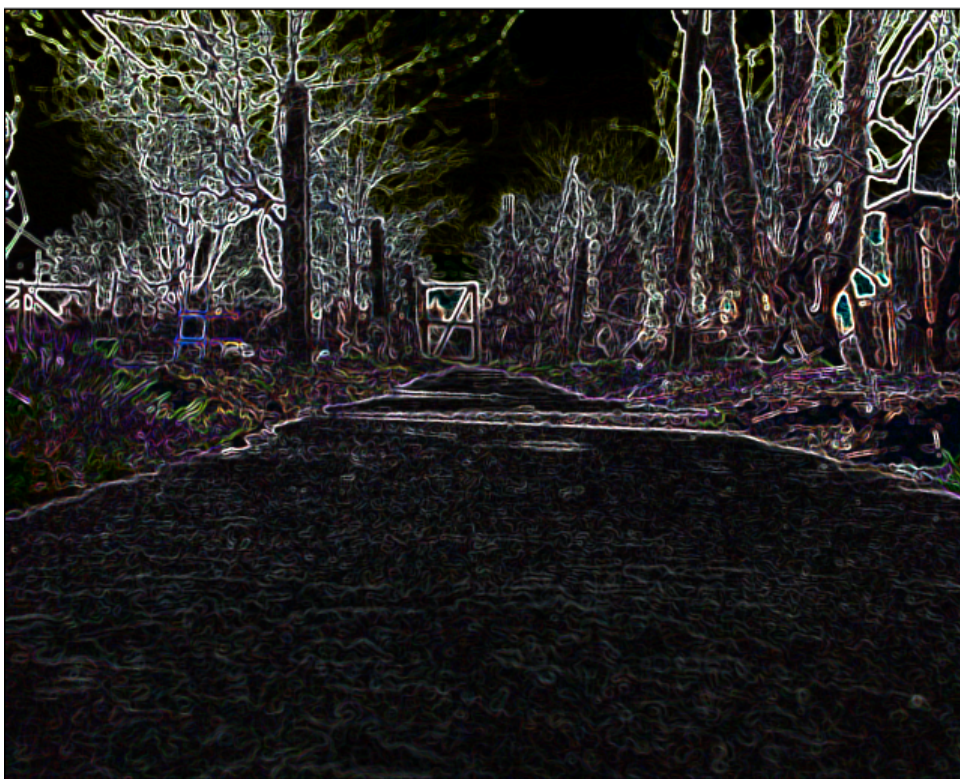
- [1]. **Bódis-Szomorú András:** *Moduláris felépítésű robot motoros hajtásának tervezése és kivitelezése.* [Online] 2005.
http://home.mit.bme.hu/~bodis/doc/Bodis_Szomoru_Andras_diplomaterv.pdf.
- [2]. **Fazekas István:** *Neurális hálózatok.* Debrecen, 2003.
- [3]. **Hajdú András-Fazekas Gábor:** *Képfeldolgozási módszerek egyetemi jegyzet.* Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetem, 2004.
- [4]. **Horváth-Kovács-Marosy:** *Magyarok a marson – Rover.* [Online] 2008. 05 10.
[Hivatkozva: 2009. 05 02.] <http://www.magyarokamarson.hu/doksi2008/2/index.html>.
- [5]. **nVidia:** *CUDA documentation.* [Online] 2009.
http://www.nvidia.com/object/cuda_home.html#.
- [6]. **Pethő Balázs:** *LEGO Robotok.* [Online]
<http://www.sulinet.hu/inform/balazscikk/legorobot/legorobot.html>.
- [7]. **Rovio a Wi-Fi mobil webkamera.** [Online]
<http://roviomobilwebkamera.blogspot.com/2008/11/rovio-wi-fi-mobil-webkamera-robot.html>.
- [8]. **STMicroelectronics:** *L298 Dual Full-Bridge Drive documentation.* [Online] 2000.
<http://www.st.com/stonline/products/literature/ds/1773.pdf>.
- [9]. **Stuart J. Russell, Peter Norvig:** *Mesterséges Intelligencia modern megközelítésben.* Budapest, 2000.
- [10]. **Varga Zoltán:** *Digitális képfeldolgozás és multimédia.* [Online] http://mazzola.iit.unimiskolc.hu/DATA/segedletek/kepfeld_multm/vargaz/.

Függelék

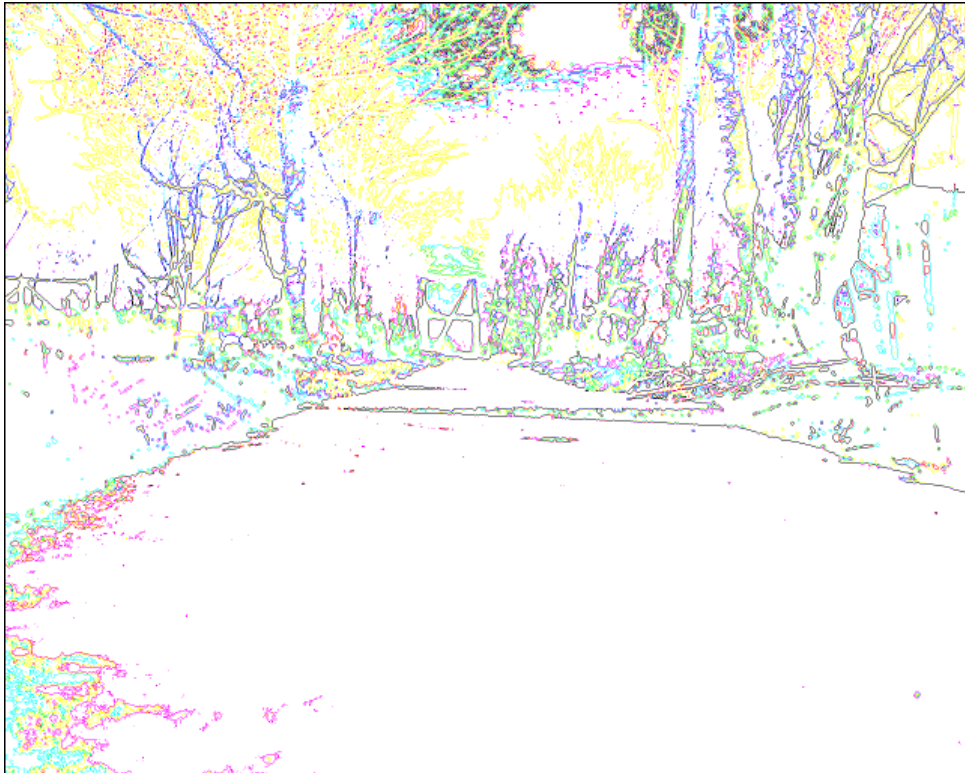
1. Függelék: Néhány képfeldolgozási eljárás végrehajtásának eredménye



77. ábra Az eredeti kép



78. ábra Izzó élék



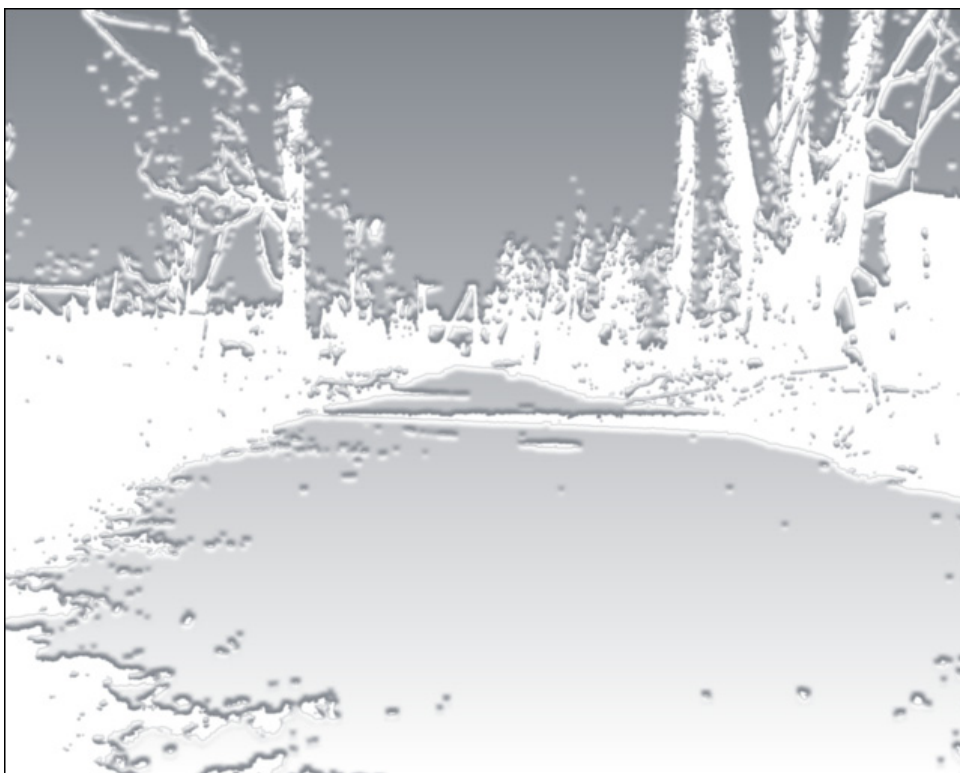
79. ábra Kontúr követés



80. ábra Élkeresés



81. ábra Pecsét felületkiemelés



82. ábra Gipsz felületkiemelés

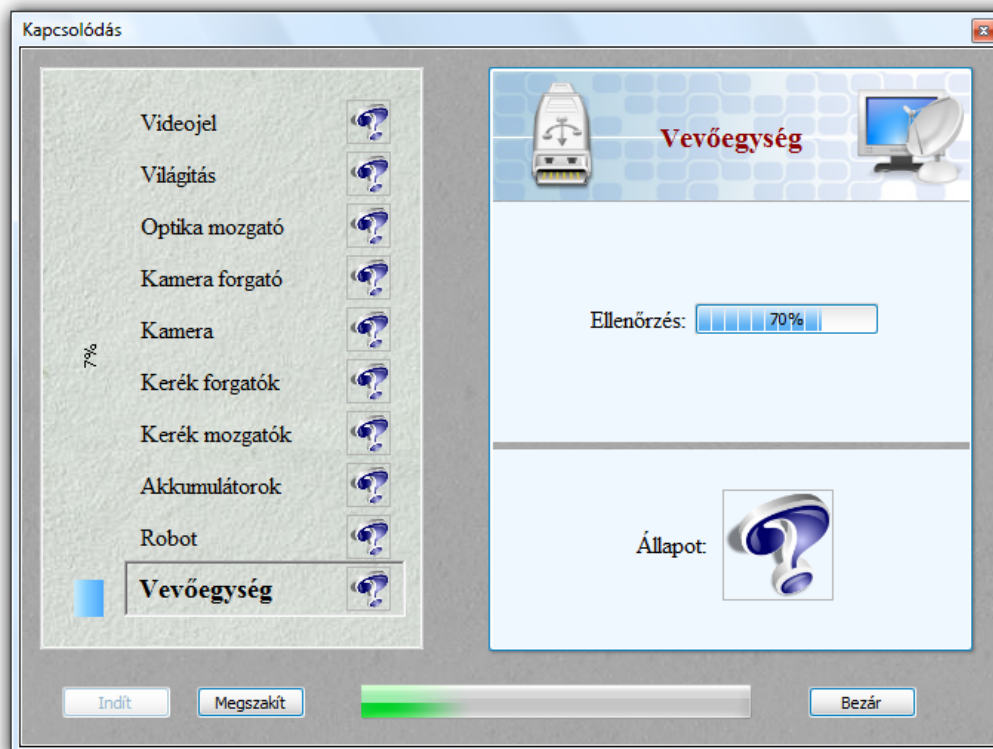


83. ábra Domborítás

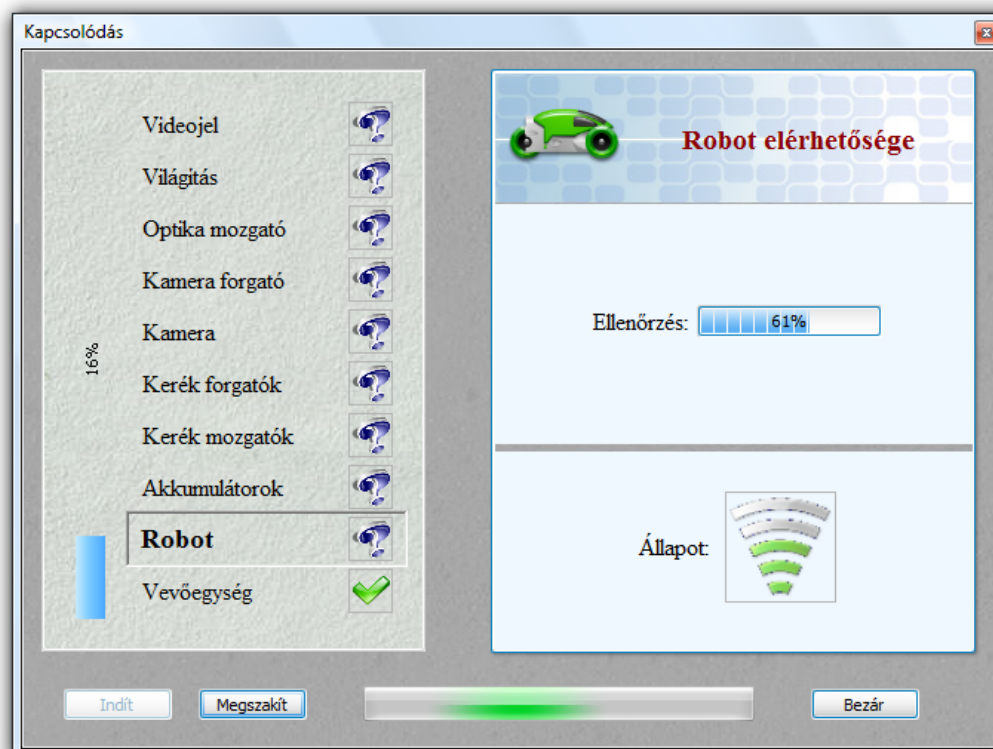


84. ábra Kivágás

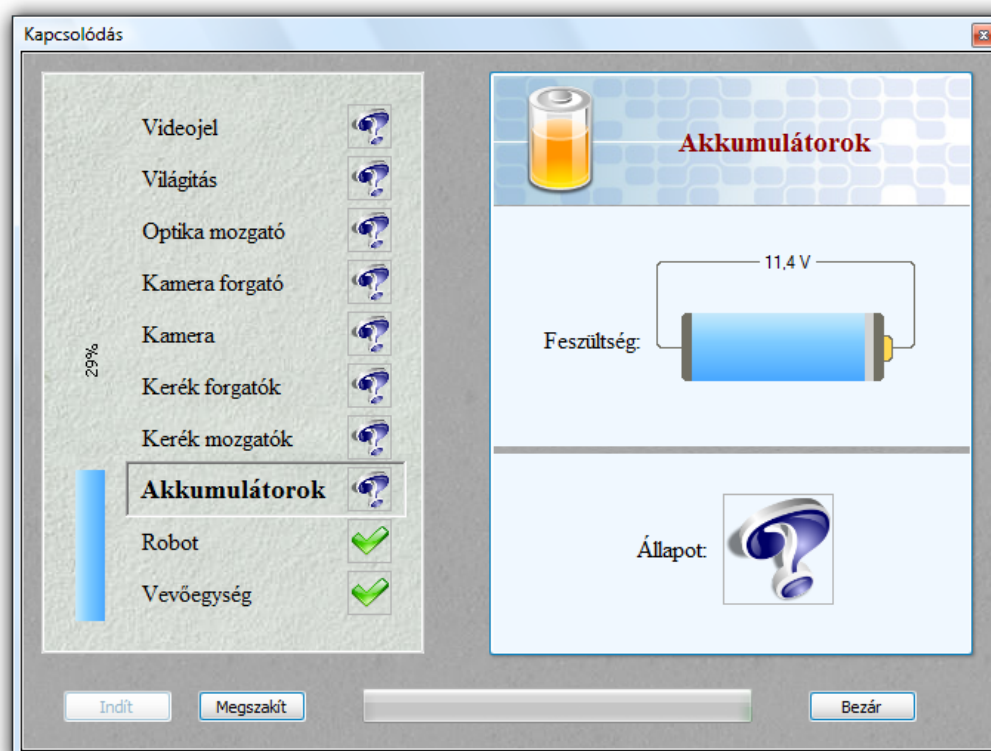
2. Függelék: A robot kapcsolódásáról készült képernyőképek



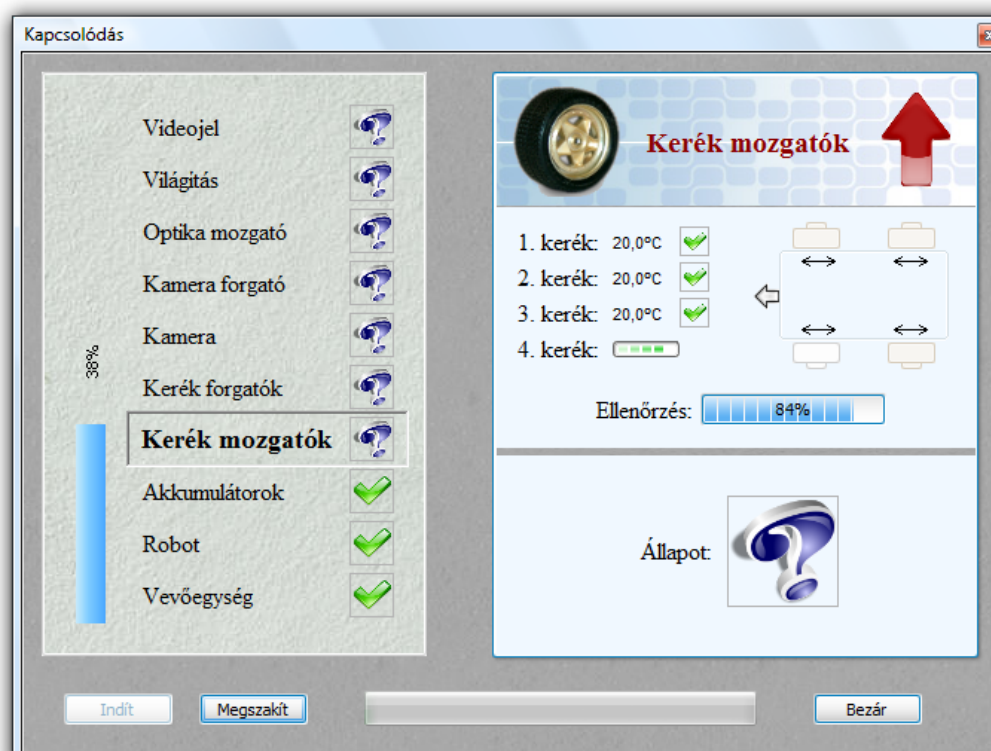
85. ábra A vevőegység tesztelése



86. ábra A robothoz való kapcsolódás



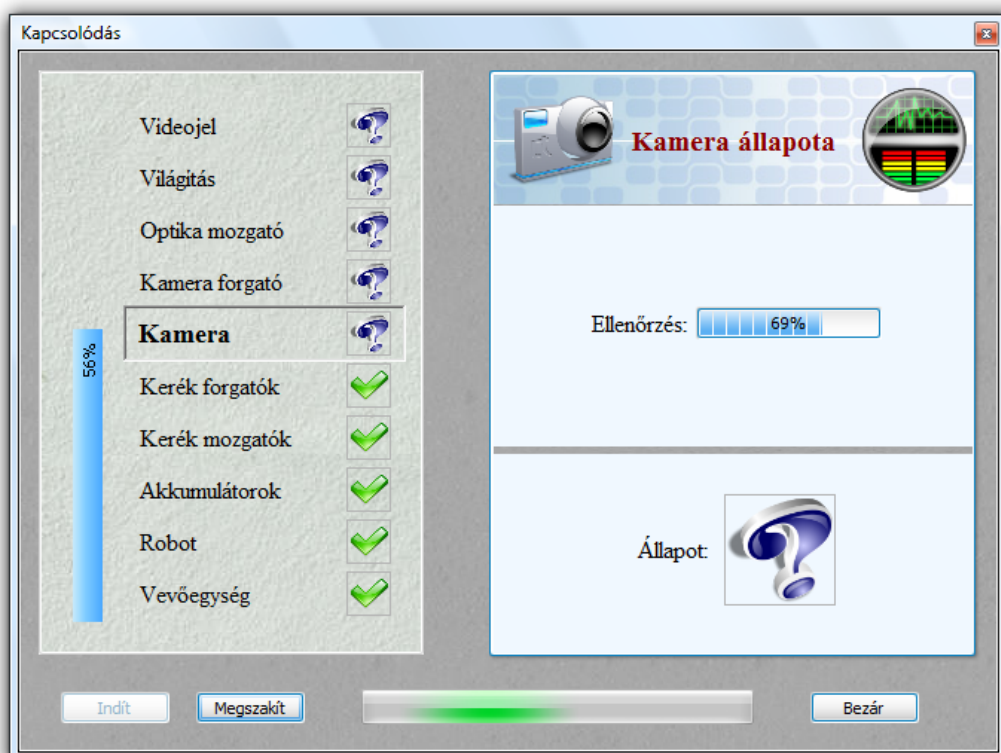
87. ábra Az akkumulátor(ok) tesztelése



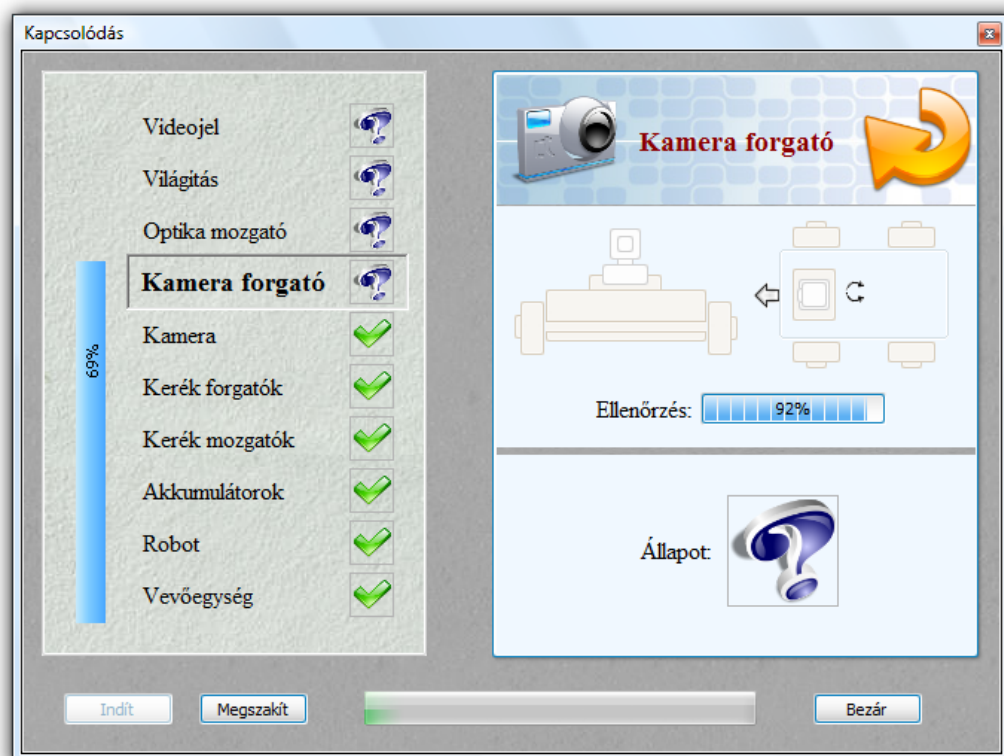
88. ábra A kerék forgatók tesztelése



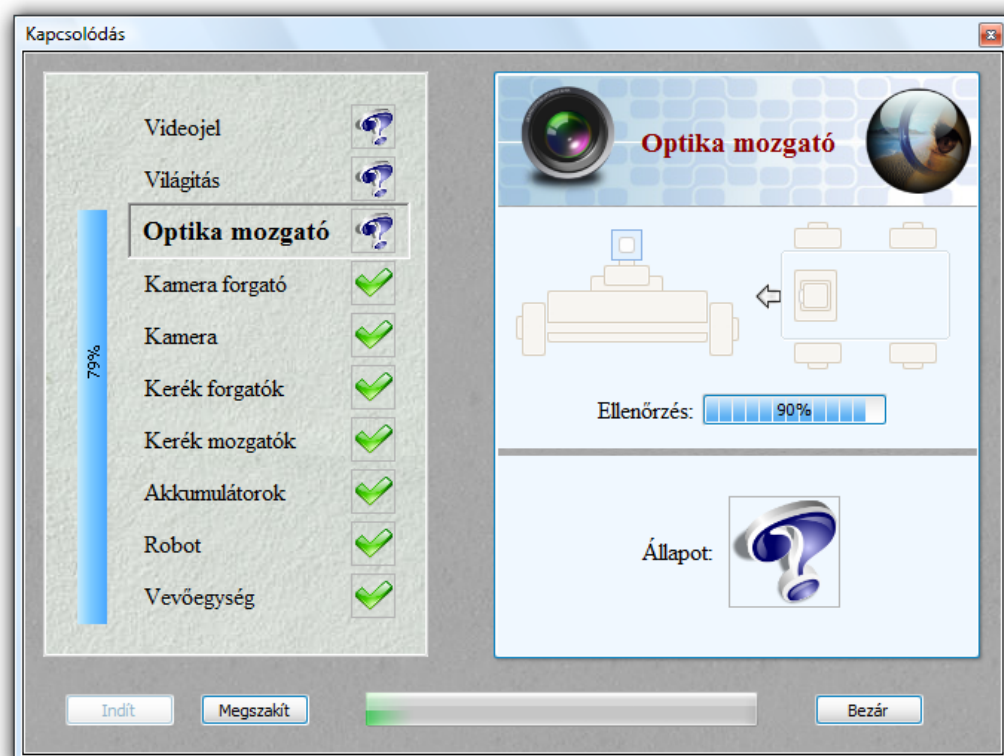
89. ábra A kerék fordítók tesztelése



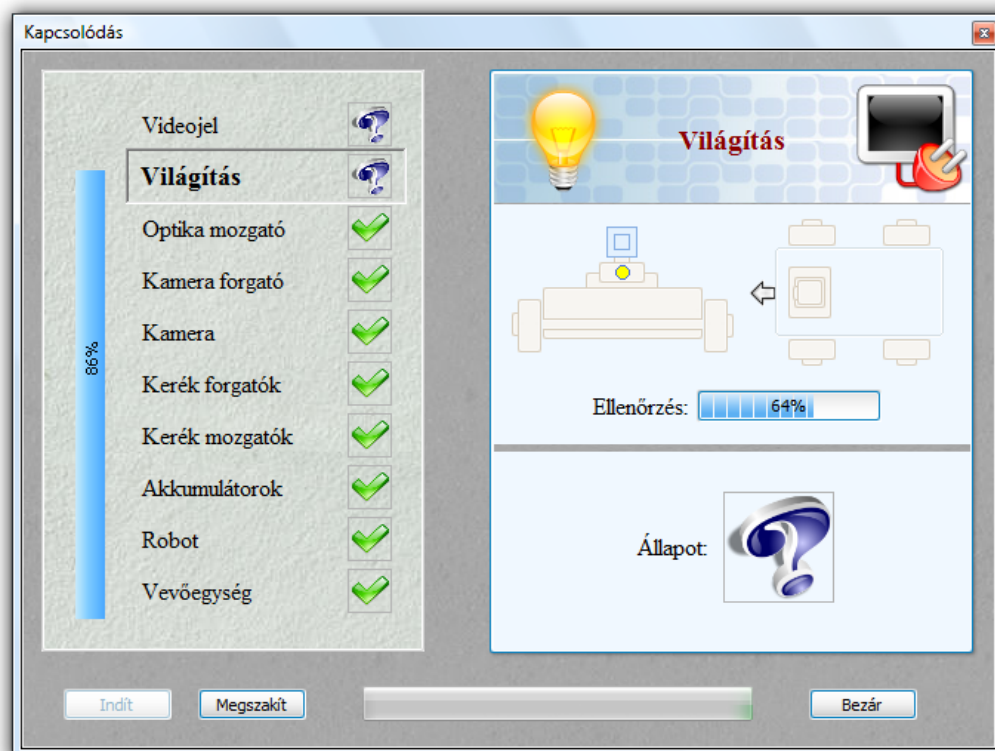
90. ábra A kamera ellenőrzése



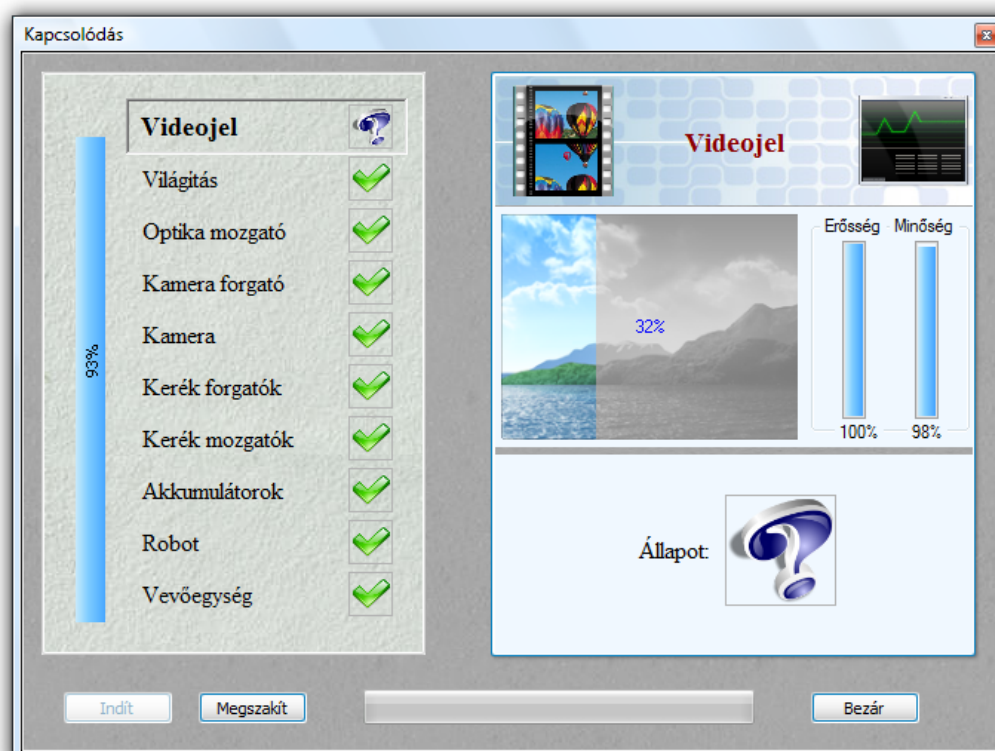
91. ábra A kamera fordító tesztelése



92. ábra A lencse optikai nagyítójának tesztelése



93. ábra A világítás ellenőrzése



94. ábra A videojel erősségének és minőségének ellenőrzése